

Analyse der Blendwirkung des Solarparks Cochstedt

Im Auftrag von

BT Solar Cochstedt GmbH & Co KG
z.H. Herr Taentzler
Am Rathaus 3
39444 Hecklingen OT Cochstedt

Gutachten ZE22107

Januar 2023



INHALT

1	Situationsbeschreibung.....	4
1.1	PROBLEMBESCHREIBUNG	4
1.2	ORTSBEZEICHNUNG UND LAGE DER PV-ANLAGE	4
1.3	UNTERSUCHTER RAUM	6
1.4	ABSCHATTUNGEN & VERDECKUNGEN	8
1.4.1	<i>Geländeprofil</i>	8
1.4.2	<i>Horizont</i>	8
1.4.3	<i>Bewuchs</i>	8
1.4.4	<i>Künstliche Abschattungen</i>	9
2	Blendberechnung.....	9
2.1	BEDINGUNGEN FÜR DIE BERECHNUNG.....	9
2.2	REFLEXIONSBERECHNUNG	9
2.3	ERKLÄRUNG DER ERGEBNISSE	11
2.4	SICHTBEZUG.....	12
2.5	BLENDWIRKUNG	12
2.5.1	<i>Größenverhältnisse</i>	13
2.5.2	<i>Blendstärke</i>	13
2.5.3	<i>Richtung der Blendung</i>	14
2.5.4	<i>Blenddauer</i>	14
2.5.5	<i>Flugverkehr</i>	15
3	Beurteilung & Empfehlungen.....	15
3.1	BLENDREDUZIERENDE MAßNAHMEN.....	16
	ANHANG 1 Definitionen.....	18
	ANHANG 2 Richtlinien, Vorschriften und Gesetze.....	19
	ANHANG 3 Methodik der Berechnung	22
	ANHANG 4 Vermessung der Umgebung.....	23
	ANHANG 5 Detail-Ergebnisse der Berechnungen.....	24
	ANHANG 5.1 ERGEBNISSE MIT BLENDREDUZIERENDEN MAßNAHMEN	55

Zusammenfassung

Im Bauverfahren eines Solarparks nahe des Flughafens Magdeburg-Cochstedt ist eine mögliche Blendwirkung in Richtung des Flugverkehrs zu beurteilen.

Es wird zu Blendungen an einem Weg kommen, welche durch einen Sichtschutz verhindert werden können. Bei Umsetzung der blendreduzierenden Maßnahmen besteht dann keine gefährliche Blendung in Richtung des Straßenverkehrs.

Der Air Traffic Control Tower wird keinen Reflexionen ausgesetzt. Für den Flugverkehr besteht keine Gefahr durch Blendung des Solarparks. Die Nachbarn werden keiner erheblichen Blendwirkung ausgesetzt.

Versionsverlauf

Version	Datum	Beschreibung
1.0	15.8.2022	ursprüngliche Fassung
1.1	23.8.2022	höhere Modultische
2.0	11.1.2023	höhere Modultische & 15° Neigung

Haftungsausschluss

Die Simulationsmodelle werden mit aller notwendigen Sorgfalt erstellt. Auf Grund unvermeidbarer Abweichungen zwischen Modell und tatsächlicher Situierung der reflektierenden Oberflächen, kann es aber, insbesondere bei der Bestimmung der Zeitpunkte von Blendungen, aber auch bei der Bestimmung von Blendedauern und Winkeln der Lichtstrahlen zu geringen, messbaren Abweichungen kommen. Die simulierten, lichttechnischen Werte basieren auf durchschnittlichen Reflexionsfaktoren. Das Gutachten gilt ausschließlich für die untersuchten, reflektierenden Flächen und Immissionspunkte mit der entsprechend notierten Lage.

Copyright

Dieses Gutachten ist das geistige Eigentum der Zehndorfer Engineering GmbH. Seine Verwendung ist nur dem Auftraggeber und den von diesem Beauftragten für die Zwecke gemäß Kapitel 1 gestattet. Jede andere Verwendung wird untersagt.

1 Situationsbeschreibung

1.1 Problembeschreibung

Piloten von Flugzeugen sind insbesondere bei der Landung auf gute Sicht angewiesen. Zwar sind Landungen prinzipiell auch bei schlechter Sicht möglich, allerdings wird dafür ein Instrumentenlandesystem benötigt, mit welchem nicht jedes Flugzeug ausgestattet ist. Blendung kann unter Umständen den Sichtflug und das Erkennen von Objekten und Signalen am Boden behindern, wodurch es zu Fehleinschätzungen kommen kann. Die Fluglotsen am Flughafen-Tower müssen in der Lage sein, Objekte auf der Piste, den Rollwegen und den Anflugzonen zu erkennen.

Menschen, die Fahrzeuge lenken sind auf gute Sicht angewiesen. Blendung kann das „Fahren auf Sicht“ und das Erkennen von Signalen behindern, wodurch es zu Verkehrsbehinderungen und Unfällen kommen kann.

Blendung aus ungewohnten Richtungen können Menschen bei Arbeiten behindern, sowie den Erholungswert im Freien, auf Balkonen oder sogar in den Wohnräumlichkeiten derart verringern, dass von Unzumutbarkeit gesprochen werden kann. Speziell dort wo der Sichtbezug zu einem bestimmten Objekt wesentlich für die Ausführung der Tätigkeiten ist, können Blendungen Störungen darstellen, die Fehleinschätzungen herbeiführen.

Ziel dieses Gutachtens ist die Prüfung, ob der geplante Solarpark nahe des Flughafens Magdeburg-Cochstedt, eine Blendwirkung hinsichtlich des Flughafens, des Flugverkehrs, der Straßen oder der Nachbarschaft aufweisen wird.

1.2 Ortsbezeichnung und Lage der PV-Anlage

Der geplante Solarpark befindet sich nördlich des Flughafen Magdeburg-Cochstedt (CSO) in 39444 Hecklingen, Salzlandkreis, Gemarkung Cochstedt, Flur 6 und 11, (GPS-Koordinaten 51°52'29"N, 11°25'10"O).

Abbildung 1 Situation

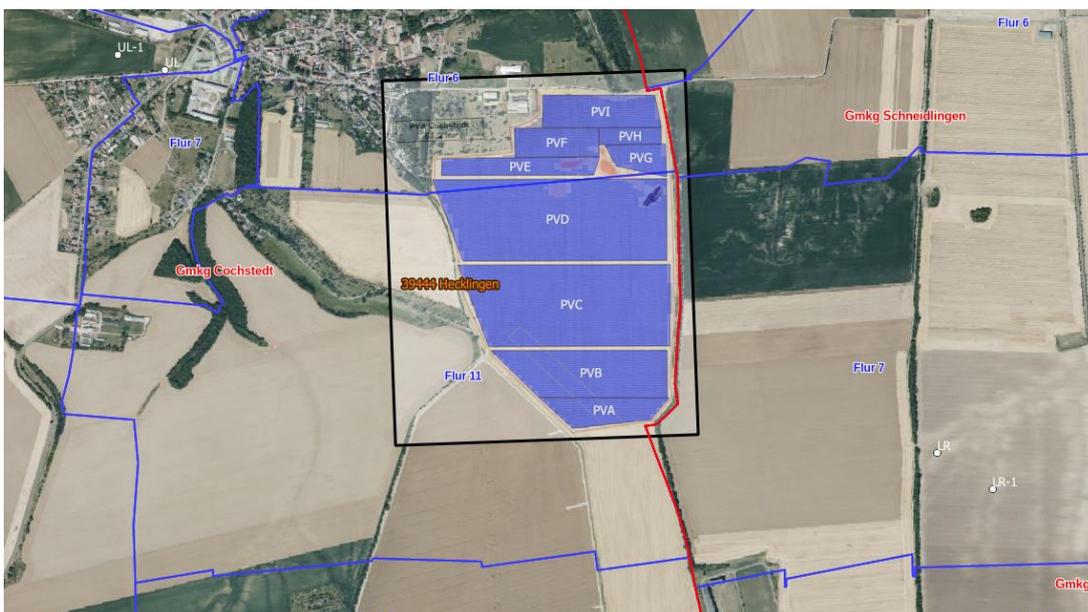
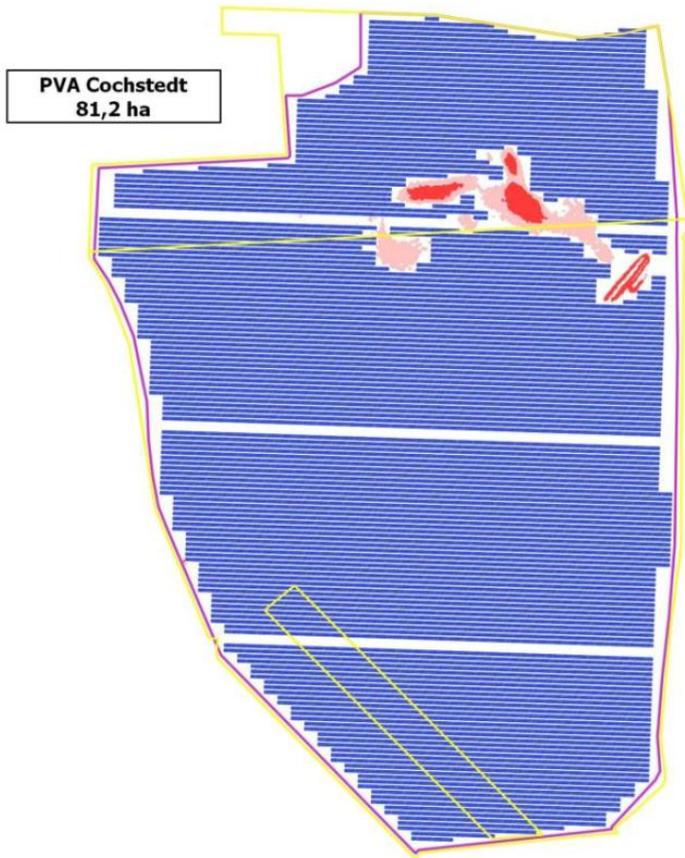


Abbildung 2 Lageplan



Die reflektierenden Flächen werden für die Berechnung in mehreren Vierecken modelliert.

Abbildung 3 Prinzipskizze Modultisch

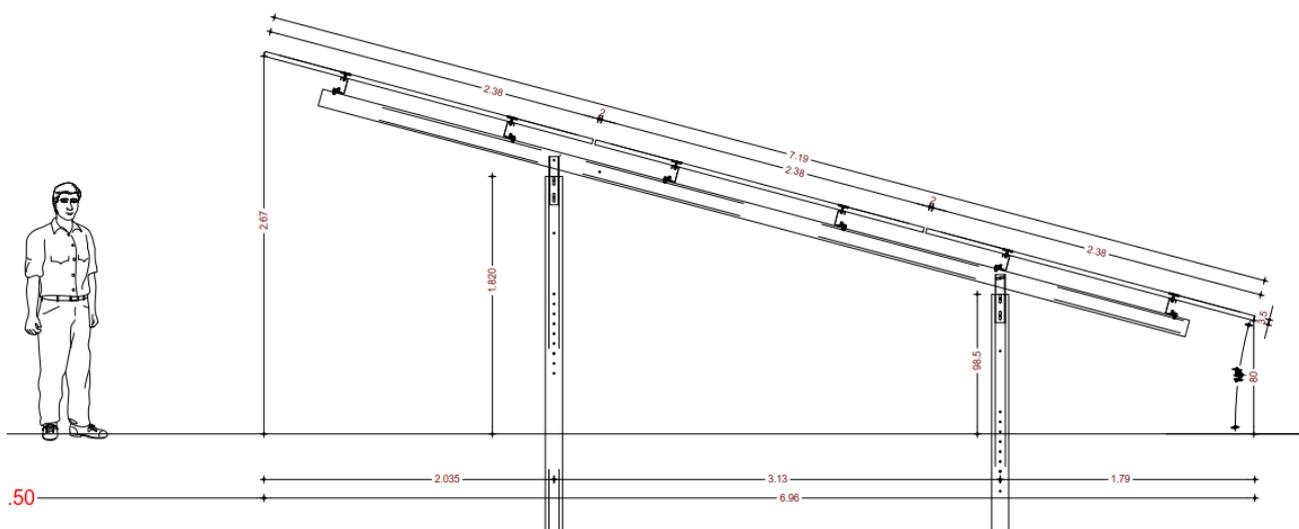


Abbildung 3 zeigt eine Prinzip-Skizze der Modultische im Schnitt.

Abbildung 4 Modellierung der reflektierenden Flächen



Abbildung 4 zeigt die Ausrichtung des PV-Feldes im Raum¹. Die PV-Flächen wurden für die Berechnung als Vierecke modelliert. Sie sind auf dreireihigen Modultischen, hochkant, mit der Oberkante bei ca. 2,7 m angeordnet. Für die Streuung an den PV-Modulen wurde ein üblicher Streuwinkel von +/- 4° angenommen.

Für Abweichungen des Geländes bzw. der Aufständigung von den angegebenen Winkeln wurde zusätzlich ein Unsicherheitswinkel von +/- 2° angenommen (welcher die Blenddauer der Streuungen rechnerisch verlängert).

Die tatsächliche Neigung der PV-Module resultiert aus den Winkeln der Modultische und des Untergrunds, welche in Anhang 4 aufgelistet sind.

1.3 Untersucher Raum

Die Immissionspunkte (IP) sind jene Punkte, für die die Blendberechnung durchgeführt wird. Die zu untersuchenden Punkte liegen

- am Tower der Flugsicherung
- Im Anflugsektor auf Landebahn 26
- Im Anflugsektor auf Landebahn 08
- Auf den umliegenden Straßen und Wegen
- An den Häusern der Nachbarschaft

¹ Der Seitenwinkel (Azimut) wird dabei mit Süd = 0, Ost negativ und West positiv angegeben. Der Höhenwinkel (Elevation) wird als Differenz der Reflexionsebene und der Horizontalen angegeben.

Abbildung 5 Immissionpunkte (nahe)

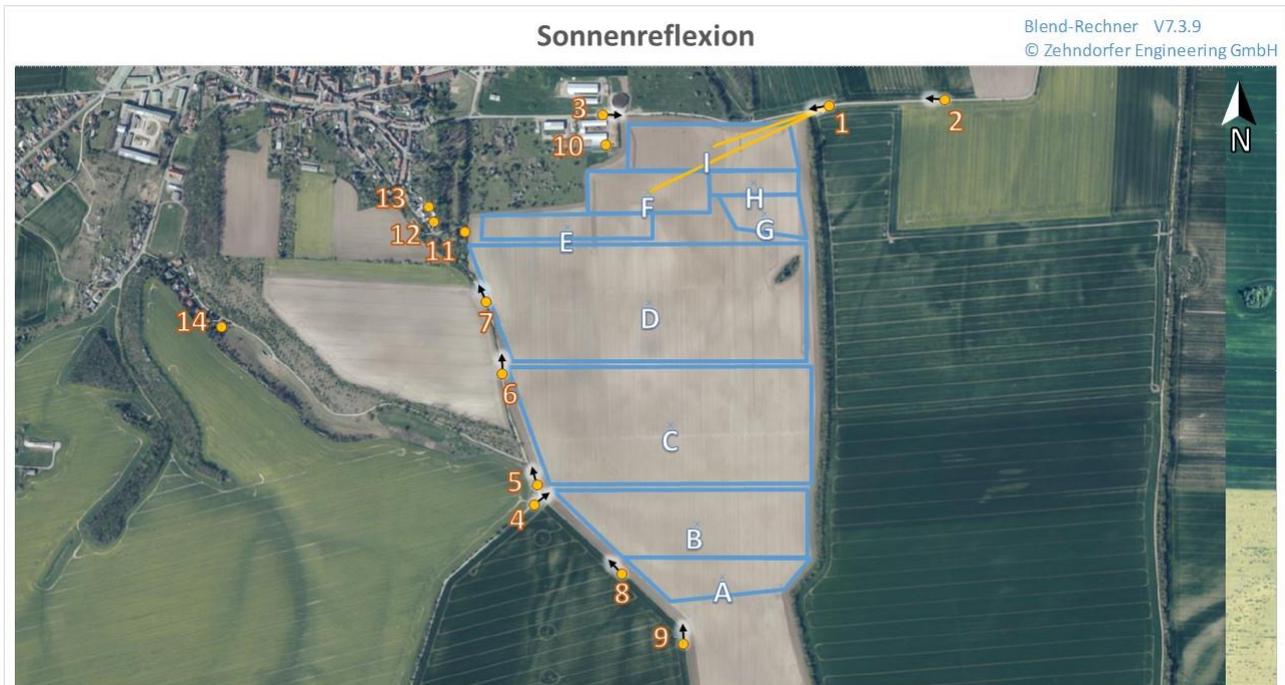


Abbildung 6 Immissionpunkte (fern)

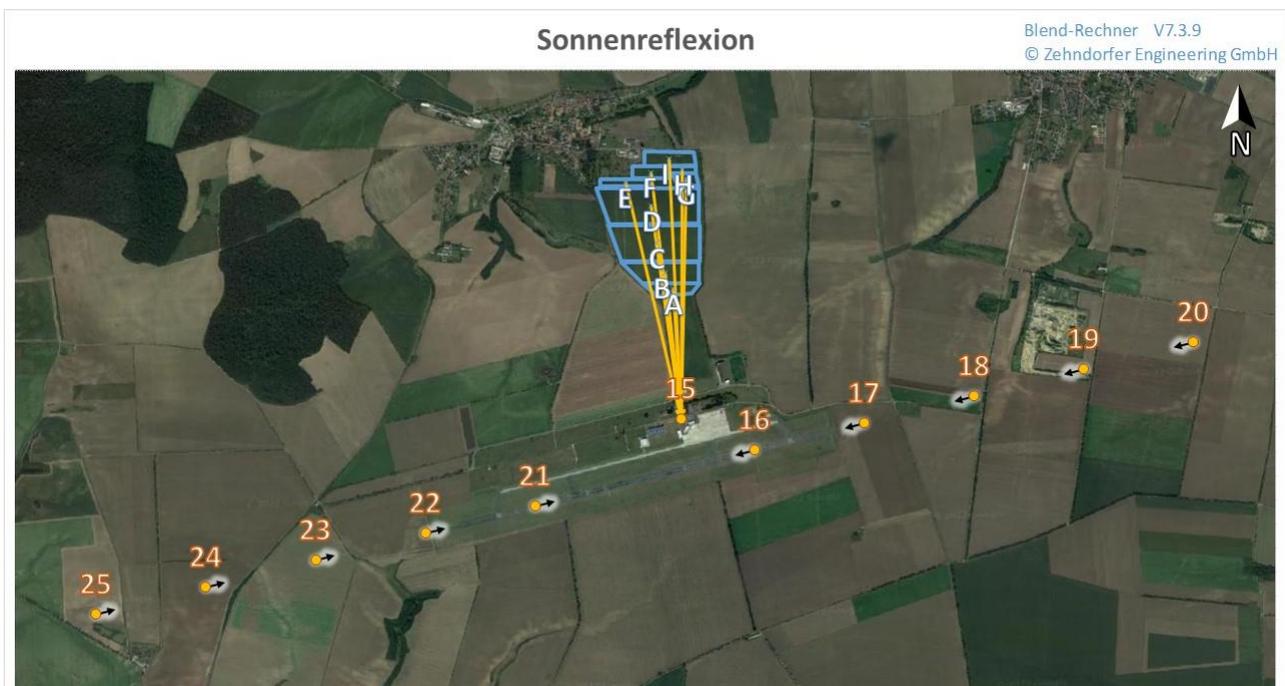


Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen die Lage der Immissionpunkte (IP) und der PV-Felder. Die Immissionpunkte wurden unter dem Kriterium ausgewählt, dass eine Sichtverbindung zur Vorderseite der PV-Module gegeben sein muss.

Die Anflugsektoren werden mit jeweils 5 Immissionpunkten in einem Abstand von insgesamt zwei nautischen Meilen bis zur Touch-Down Zone im 3°-Sinkflug abgedeckt.

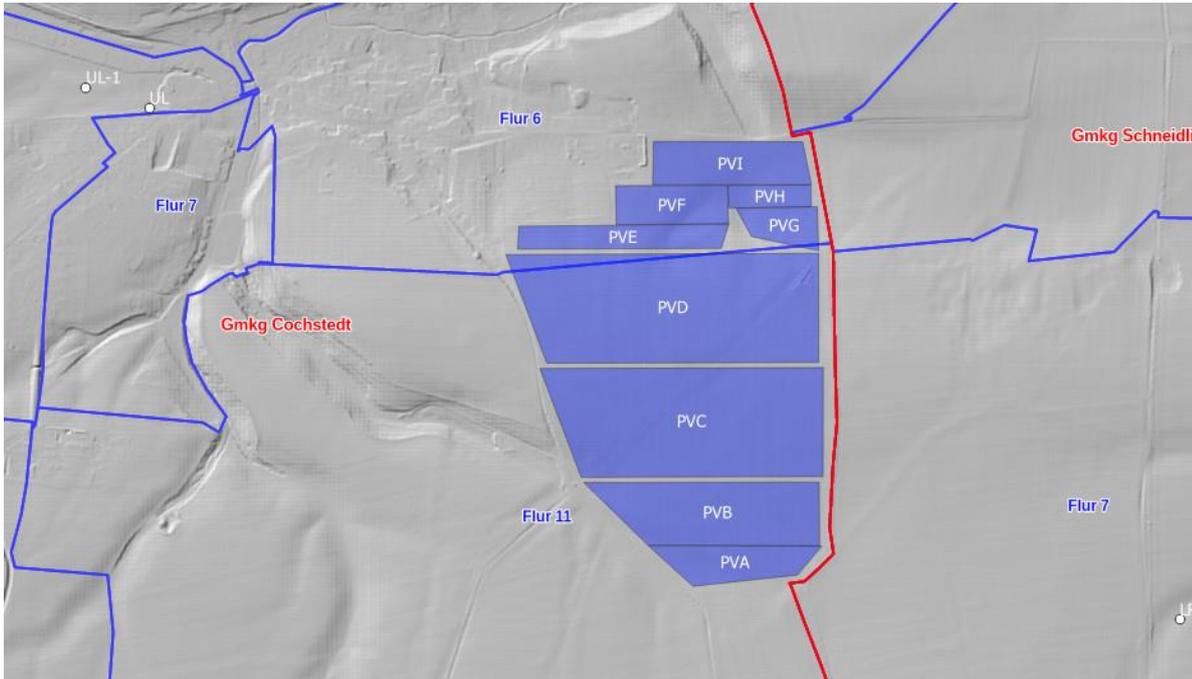
Die detaillierte Vermessung der relevanten Umgebung ist in Anhang 4 zu finden.

1.4 Abschattungen & Verdeckungen

1.4.1 Geländeprofil

Das umliegende Geländeprofil ist relativ eben. Es gibt keine Geländekanten, die den Blick die PV-Anlagen verhindern würden.

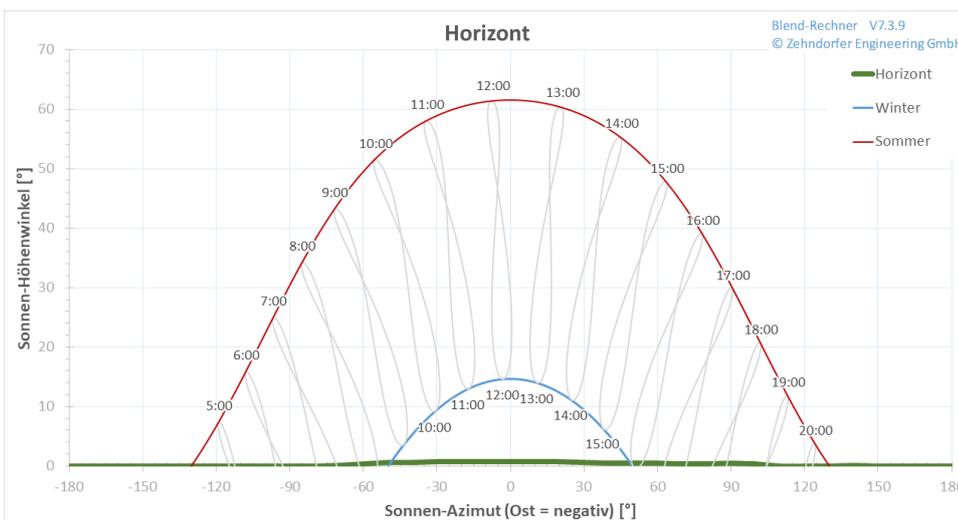
Abbildung 7 Geländeschummerung



1.4.2 Horizont

Der Horizont ist nahezu vollkommen flach. Er reduziert die Sonnenstunden nicht.

Abbildung 8 Horizont



1.4.3 Bewuchs

Zwischen der Reflexionsfläche und den IP gibt es kaum Bewuchs, der die Sichtverbindung unterbrechen könnte.

1.4.4 Künstliche Abschattungen

Zwischen den IP und den Solaranlagen gibt es keinerlei Gebäude oder andere Abschattungen, die die Sichtbeziehung zur PV-Anlage unterbrechen würden.

2 Blendberechnung

2.1 Bedingungen für die Berechnung

Als Eingabe für die Blendberechnung wurden die Rahmenbedingungen der LAI-2012 Richtlinie (siehe 0) herangezogen. Diese sind insbesondere:

- Die Sonne ist als punktförmiger Strahler anzunehmen
- Das Modul ist ideal verspiegelt (keine Streublendung)
- Die Sonne scheint von Aufgang bis Untergang (keine Ausnahme von Schlechtwetter)
- Blickwinkel zwischen Sonne und Modul mindestens 10°
- Erhebliche Blendung ab 30 Minuten am Tag oder 30 Stunden pro Kalenderjahr

Zur umfassenden Information und aus Gründen der Realitätsnähe, wird zusätzlich auch die Streublendung berechnet.

Für die Evaluierung gemäß der European Aerodrome Design Guidelines, werden die Werte der reflektierten Leuchtdichte berechnet und mit den dort genannten Grenzwerten verglichen.

2.2 Reflexionsberechnung

Die Reflexionsberechnung basiert auf der Methode Raytracing (siehe Anhang 3). Die Reflexionen werden für jeden Immissionspunkt einzeln berechnet. Beispielhaft werden hier die Ergebnisse der Berechnungen für den IP11 betrachtet.

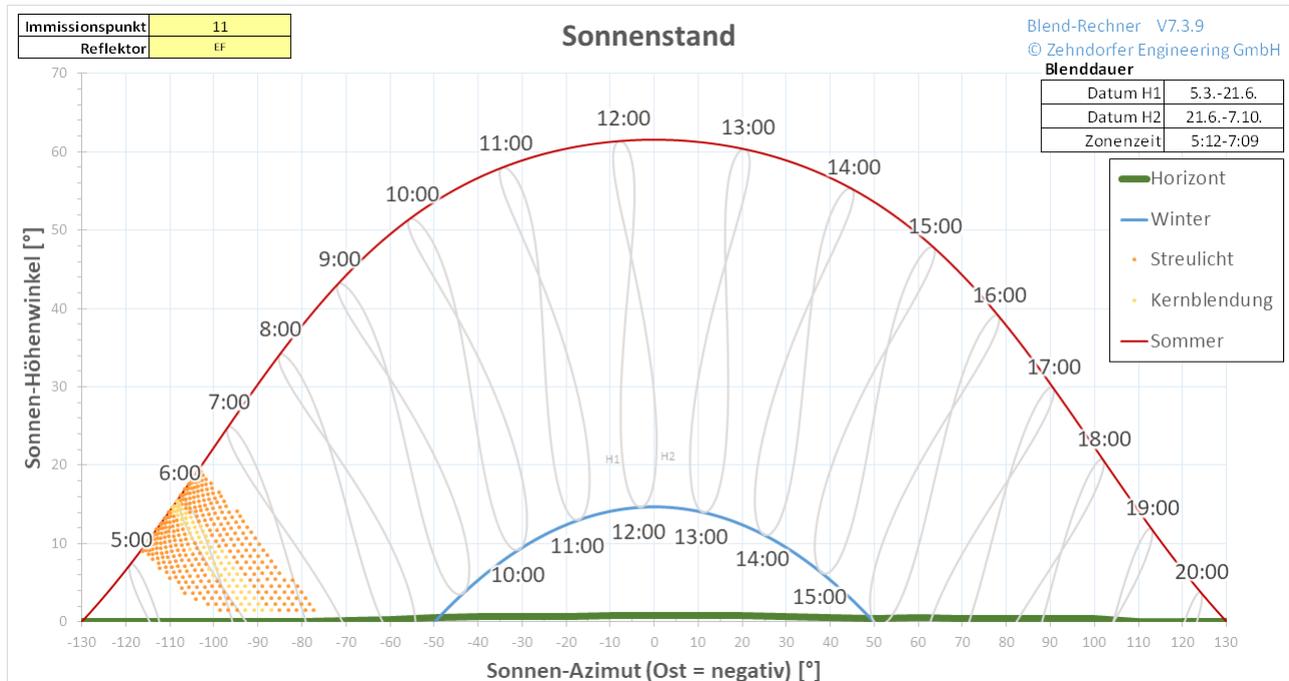
Abbildung 9 Reflexion der Solar Anlage



Abbildung 9 stellt die Immissionspunkte und den Strahlengang von eventuellen Reflexionen dar.

Abbildung 10 zeigt zu welchem Zeitpunkt (Jahres- und Uhrzeit) Reflexionen auftreten. An den Achsen sind jene Sonnenhöhenwinkel und der Sonnenseitenwinkel ablesbar, bei welchen Blendung am Immissionspunkt auftreten.

Abbildung 10 Sonnenwinkel bei Blendung



Es ist also von März bis Oktober früh morgens mit Reflexionen zu rechnen. Die Resultate der Berechnung sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Alle weiteren Ergebnisse sind in Anhang 5 zu finden.

Reflektor	EF
Immissionspunkt	11
Distanz	35
Höhenwinkel	-2
Raumwinkel	42
Datum H1	5.3.-21.6.
Datum H2	21.6.-7.10.
Zeit	5:12-7:09
Kernblendung	15
Kernblendung	26
Streulicht	60
Streulicht	123
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel)	10
Sonnen-Azimet (Mittel)	-58
Sonne-Reflektor-Winkel (max)	33
Blendung - Blickwinkel (min)	0
Leuchtdichte (max)	5 612
Retinale Einstrahlung (max)	40
Beleuchtungsstärke (max)	9 158

2.3 Erklärung der Ergebnisse

Distanz	Die Distanz zwischen Mittelpunkt des Reflektors und Immissionspunkt in Meter
Höhenwinkel	Der Höhenwinkel des Reflektors über dem Immissionspunkt. 0° bedeutet, dass sich der Reflektor auf gleicher Höhe wie der Immissionspunkt befindet.
Raumwinkel	Der Raumwinkel (gemessen in Milliradian) ist ein Maß für die sichtbare Größe eines Objektes. Er wird berechnet, indem man die sichtbare Fläche eines Objektes durch das Quadrat dessen Abstandes dividiert.
Datum H1/H2	Gibt genau jene Zeitspanne an, an welcher Blendung über den Reflektor erfolgt
Zeit	Die maximale Zeitspanne, bei welcher Blendung über den Reflektor erfolgt
Kernblendung	Die Dauer der Blendung durch direkte Spiegelung der Sonne am Reflektor, in Minuten pro Tag bzw. Stunden pro Jahr
Streulicht	Die Dauer der Blendung durch gestreutes Licht der Sonne, an der unebenen Oberfläche des Reflektors in Minuten pro Tag bzw. Stunden pro Jahr.
Dauer	Die Anzahl jener Tage im Jahr (Frühjahr und Herbst), an denen zu irgendeiner Uhrzeit Blendung auftreten kann. Außerhalb dieser Tage steht die Sonne zu hoch, oder zu flach, um am Immissionspunkt zu blenden, oder es findet eine Verschattung durch den Horizont oder künstliche Hindernisse statt.
Sonnen-Höhenwinkel	Durchschnittlicher Sonnenhöhenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
Sonnen-Azimet	Durchschnittlicher Sonnenseitenwinkel zum Zeitpunkt der Blendung
Sonne-Reflektor-Winkel	Der (zum Blendzeitpunkt), vom Immissionspunkt aus, sichtbare Winkel zwischen Reflektor und Sonnenstand. Ist dieser Winkel klein (also z.B. < 10°), so spielt die Blendung, neben der, in gleicher Richtung stehenden und typischer Weise viel stärkeren Sonne, eine untergeordnete Rolle.
Blendung-Blickwinkel	Der minimale Winkel zwischen der Blickrichtung (also z.B. Fahrtrichtung) und jener Stelle des Reflektors, von welcher aus Reflexionen stattfinden können. Ist der Winkel groß (also außerhalb des eines Kegels von 30°), so spielt die Blendung für den Verkehr eine untergeordnete Rolle.
Leuchtdichte	Das Maximum der errechneten Leuchtdichte der Reflexion in 1.000 cd/m ²
Retinale Einstrahlung	Die maximale Leistungsdichte der reflektierten Strahlen auf der Netzhaut in W/cm ²
Beleuchtungsstärke	Die maximale, zusätzliche Beleuchtungsstärke der reflektierenden Strahlen, am Immissionspunkt in lux.

2.4 Sichtbezug

Um den Sichtbezug zu den reflektierenden Flächen, sowie zur Reflexion und zum Sonnenstand deutlich zu machen, wurde die Darstellung dieser Punkte mit Blick in Fahrtrichtung (bzw. von Nachbargebäuden in Richtung der reflektierenden Flächen) gewählt. Die Winkel der Darstellung sind realistisch, d.h. ein durchschnittlicher Beobachter wird das hier berechnete Gesichtsfeld vor Augen haben.

Abbildung 11 Blickfeld aus der Richtung des Immissionspunktes

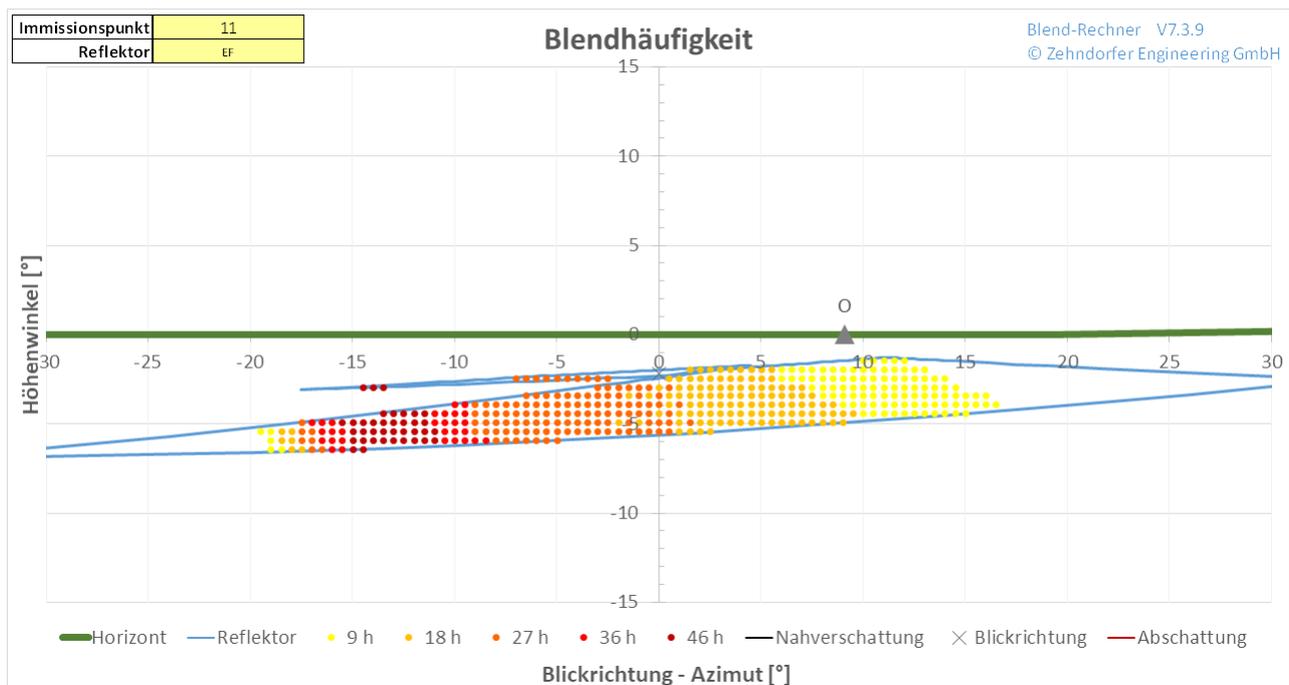


Abbildung 11 zeigt jene Flächen, von denen Reflexionen zu erwarten sind. Es ist die Dauer der Reflexionen in Stunden pro Jahr (inklusive Streublendung) farblich dargestellt

2.5 Blendwirkung

Die Auswirkung der Blendung auf den Menschen ist von mehreren Parametern abhängig. Folgende Parameter haben einen Einfluss auf die Blendwirkung beim Menschen:

- Größe der projizierenden Reflexions-Fläche
- Reflexionsfaktor der verwendeten Materialien
- Entfernung zwischen IP und Reflektor
- Winkel zwischen Sonne und Reflexionsfläche
- Häufigkeit und Dauer der Reflexion
- Jahreszeit und Uhrzeit der Reflexion
- Tätigkeit des Menschen bei der die Reflexion wahrgenommen wird
- Möglichkeiten sich vor Blendung zu schützen

2.5.1 Größenverhältnisse

Die hier dargestellten Größenverhältnisse sollen bei der subjektiven Einordnung der Reflexionsfläche helfen. Da das Auge keine Größen, sondern nur optische Winkel wahrnimmt (also das Verhältnis von Größe zur Entfernung²) sind hier alle Größen im Maß des Raumwinkels (Milisteradian) umgerechnet.

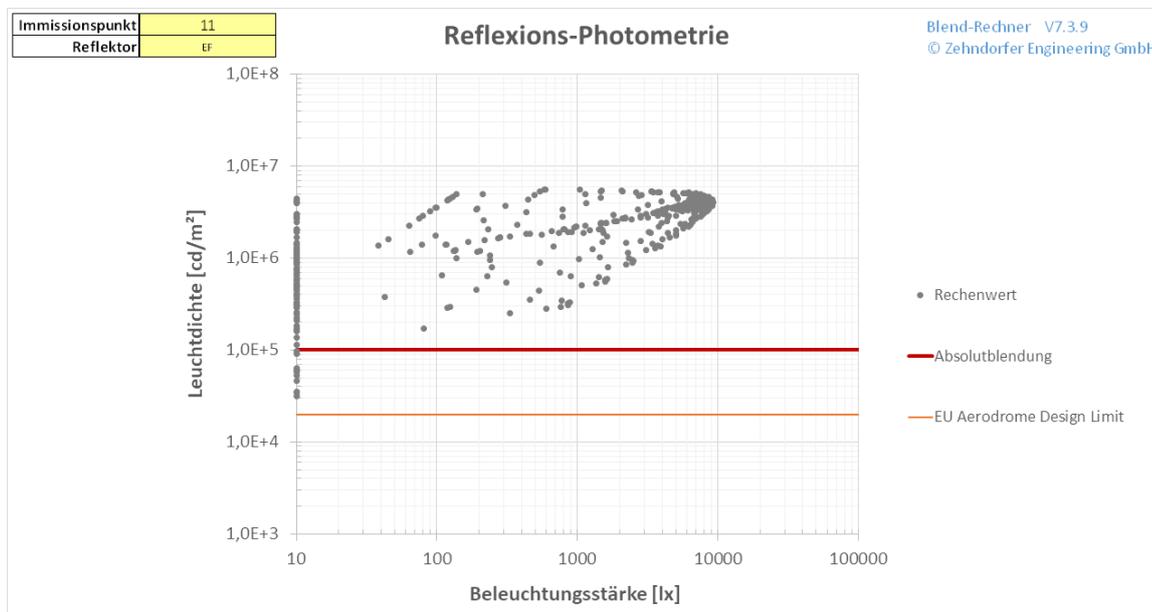
Sichtbeziehung	Raumwinkel
Gesichtsfeld	2.200 msr
Sonnenscheibe am Himmel	0,068 msr
Ausgestreckter Daumen	1,55 msr

Die maximal sichtbare Größe der Solar-Anlagen vom IP 11 (42msr) ist als klein zu bezeichnen.

2.5.2 Blendstärke

Die Solar-Module haben bei rechtwinkelig auf die Oberfläche eintreffendem Licht relativ kleine Reflexionsfaktoren, weshalb dabei nur ein Teil des Sonnenlichts reflektiert wird. Bei flacher einfallenden Lichtstrahlen steigt der Anteil des reflektierten Lichtes (der Reflexionsfaktor wird größer). Auch die Stärke des Sonnenlichtes ist vom Sonnenstand abhängig (die Sonne erreicht Leuchtdichten bis zu $1,6 \times 10^9 \text{ cd/m}^2$ und hat bei niedrig-stehender Sonne noch eine Leuchtdichte von $6 \times 10^6 \text{ cd/m}^2$. Im Rechenmodell wurden diese Faktoren berücksichtigt. In den meisten Fällen wird bei Reflexionen Absolutblendung erreicht (eine reflektierte Leuchtdichte von über 100.000 cd/m^2). Die Stärke der Reflexionen ist kein Kriterium gemäß LAI-2012. Gemäß der Richtlinie ist nur bei einer Dauer von über 30 Minuten pro Tag bzw. 30 Stunden pro Jahr die Grenzen der Zumutbarkeit überschritten.

Abbildung 12 Stärke der Reflexionen



² Der Mond oder die Sonne sind also z.B. mit dem ausgestreckten Daumen vollständig verdeckbar.

Die Berechnung der Leuchtdichte in Abbildung 12 zeigt, dass bei einigen Sonnenständen Absolutblendung erreicht wird.

2.5.3 Richtung der Blendung

Die Richtung, von der Blendung ausgeht, kann eine entscheidende Rolle für die Blendwirkung spielen. Während Blendungen von oben (z.B. Sonne) als normal anzusehen sind und Menschen diesbezüglich nicht sehr empfindlich sind, können waagrecht einfallende Lichtstrahlen Menschen stören. Auch solche Blendungen, die von weiter links oder rechts der Sehachse kommen, werden weniger störend empfunden als jene, die im Zentrum des Gesichtsfeldes auftreten.

Die Richtlinie für die "Beleuchtung von Arbeitsstätten" DIN EN 12464, zum Beispiel, reduziert seitlich auftretende Blendungen mit dem Guth-Positionsindex³.

Daher werden in diesem Gutachten nur solche Blendungen als relevant für den Verkehr betrachtet, die innerhalb eines Winkels von +/- 15° zur Sehachse (= Fahrtrichtung) liegen.

2.5.4 Blenddauer

Abbildung 13 Blenddauer

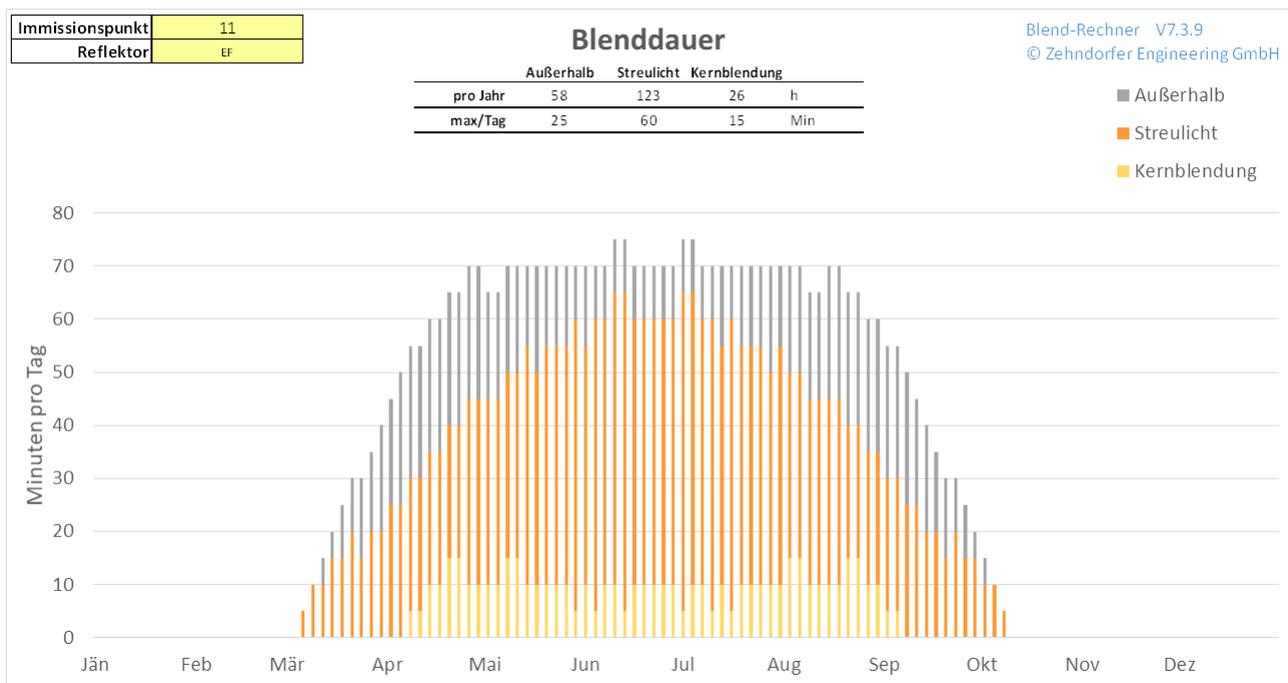


Abbildung 13 zeigt die Verteilung der Blenddauer pro Tag über das ganze Jahr.

Eventuell grau unterlegte Bereiche sind jene Zeiten zu denen zwar Reflexionen stattfinden, diese werden jedoch auf Grund der 10°-Regel gemäß LAI-2012 (Blickwinkel zwischen Sonne und Modul mindestens 10°)

³ In diesem Zusammenhang wird auch auf eine Studie von Natasja van der Leden, Johan Alferdinck, Alexander Toet mit dem Titel „Verhinderung von Sonnenreflexionen in Lärmschutzwällen – ein Laborexperiment“ verwiesen, die zu dem Schluss kommt, dass: „die Fahrleistung bei kleinen Blendungswinkeln von 5 Grad besonders abnimmt.“

beziehungsweise des inneren Gesichtsfeldes ($\pm 15^\circ$ von der Blickrichtung) nicht in der Summe der Blenddauer berücksichtigt.

Bei der Berechnung der Zeiten für Kernblendung (Reflexion ohne Streuung) wurden weder die verlängernde Wirkung der Streuung des Lichtes an den Modulen, noch die reduzierende Wirkung von Schlechtwetter (Regen, Schnee, Nebel, Hochnebel, Bewölkung) berücksichtigt.

2.5.5 Flugverkehr

Für den Flugverkehr ist insbesondere der Landeanflug kritisch, da sich der Pilot dabei auf die Piste konzentrieren muss. Air-Traffic Controller im Tower müssen für Ihre Arbeit die Anflugsektoren, die Piste, sowie die Rollwege ungestört einsehen können. Ist der Sichtkontakt gestört, so müssen sie sich auf diverse Instrumente verlassen und können in diesem Fall Flugzeugabstände und Zeitfenster nicht im selben Ausmaß optimieren.

Für die Fluglotsen am Tower ist es für die Verrichtung Ihrer Aufgabe wesentlich, dass sie Blickkontakt zu ankommendem, landendem und rollendem Verkehr auf der Piste und den Rollwegen haben. Der direkte Blickkontakt erlaubt den Fluglotsen Wege und Abstände der Luftfahrzeuge zu optimieren. Wenn der Blickkontakt gestört ist, so kann diese Optimierung nicht stattfinden - ein Zustand der soweit wie möglich zu vermeiden ist.

Gemäß der European Aerodrome Design Guidelines (siehe 0), sind Blendungen im Gesichtsfeld von Piloten mit einer Leuchtdichte von über 20.000 cd/m^2 zu vermeiden.

3 Beurteilung & Empfehlungen

IP1 bis 9 (Wege und Straßen)

Es wird zu Reflexionen in Richtung des IP4 kommen, **weshalb dort bei Bedarf lokale blendreduzierende Maßnahmen zu empfehlen sind.**

IP10 bis 14 (Nachbarn)

In Richtung des IP11 werden Blendungen stattfinden, welche jedoch die Grenzwerte der Richtlinie noch nicht überschreiten.

IP15 (Ait traffic Control Tower)

Auf Basis des astronomisch möglichen Sonnenstandes kann es zu keinem Zeitpunkt zu Reflexionen in Richtung des Towers kommen.

IP16 bis 20 (Anflug Runway 26)

Es wird zu Reflexionen in Richtung der IP 18 bis 20 kommen. Diese liegen jedoch immer deutlich außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Piloten, weshalb die Reflexionen keine Gefahr für den Flugverkehr darstellen.

IP21 bis 25 (Anflug Runway 08)

Es wird zu Reflexionen in Richtung des IP 25 kommen. Diese haben die folgenden Eigenschaften:

- Die Reflexionen bestehen ausschließlich aus Streulicht.
- Sie liegen zum Großteil außerhalb des inneren Gesichtsfeldes der Piloten ($>15^\circ$ zu Sichtachse)

- Die Sonne steht zu diesem Zeitpunkt in einer ähnlichen Richtung (max. 22°) und überstrahlt daher die Reflexionen zum großen Teil

Mit diesen Eigenschaften besteht keine Gefahr für den Flugverkehr.

3.1 Blendreduzierende Maßnahmen

Als blendreduzierende Maßnahme wird die Errichtung eines lokalen Sichtschutzes an den Stellen des IP4 (und bei Bedarf auch am IP11) empfohlen.

Abbildung 14 Sichtschutz (rot)



Tabelle 1 zeigt die Koordinaten des Sichtschutzes mit Höhe 3m (am IP4) und 4m (am IP11).

Tabelle 1 Koordinaten des Sichtschutzes

Abschattung	I				II			
	Eckpunkt	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3
x	666 130	666 128	666 128	666 130	666 317	666 332	666 332	666 317
y	750 249	750 194	750 194	750 249	749 582	749 547	749 547	749 582
z	135	141	141	135	150	151	151	150
h	0,0	0,0	4,0	4,0	0,0	0,0	3,0	3,0

Mit diesen Maßnahmen treten am IP 4 nur mehr Reflexionen außerhalb des inneren Gesichtsfeldes auf. Auch die Reflexionen in Richtung des IP11 könnten damit weiter reduziert werden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Anhang 5.1 zu sehen.

Es wird also zu Blendungen an einem Weg kommen, welche durch einen Sichtschutz verhindert werden können.

Bei Umsetzung der blendreduzierenden Maßnahmen besteht dann keine gefährliche Blendung in Richtung des Straßenverkehrs.

Der Air Traffic Control Tower wird keinen Reflexionen ausgesetzt. Für den Flugverkehr besteht keine Gefahr durch Blendung des Solarparks. Die Nachbarn werden keiner erheblichen Blendwirkung ausgesetzt.

Datum: 11.1.2023

Gutachter:

Zehndorfer
Engineering

+43 (680) 244 3310 Zehndorfer Engineering GmbH
office@zehndorfer.at Stift-Viktring-Straße 21/6
www.zehndorfer.at 9073 Klagenfurt
FN 515736k Austria
UID-ATU74524829

Jakob Zehndorfer
Zehndorfer Engineering GmbH

ANHANG 1 DEFINITIONEN

Blendung (allgemein)	Eine Störung der visuellen <i>Wahrnehmung</i> , verursacht durch eine helle Lichtquelle im Gesichtsfeld
Psychologische Blendung	Eine Form von Blendung, welche als <i>unangenehm oder ablenkend</i> empfunden wird. Sie stört häufig nur unbewusst die Aufnahme von visueller Information, ohne die Wahrnehmung von Details wirklich zu verhindern.
Physiologische Blendung	Eine Form von Blendung, welche die Wahrnehmung von visueller Information <i>technisch messbar</i> reduziert. Sie wird durch Streulicht innerhalb des Auges verursacht, welches die wahrnehmbaren Kontraste durch seine Schleierleuchtdichte reduziert.
Blendwirkung	Die Auswirkung der Blendung auf ein Individuum
tolerierbare Grenze	In den genannten Vorschriften und Gesetzestexten wird die „tolerierbare Grenze“ für die Blendung nicht näher definiert.
Reflexion (Physik)	Das Zurückwerfen von Wellen an einer Grenzfläche
Gerichtete Reflexion	Für (nahezu) glatte Oberflächen gilt das <i>Reflexionsgesetz</i>
Immissionspunkt	Punkt, auf welchen Strahlung einwirkt
Emissionsfläche	Fläche, von welcher Strahlung ausgesendet wird
Leuchtdichte	Ein Maß für den <i>Helligkeitseindruck</i> . Gibt die Lichtstärke pro Fläche, in Candela pro Quadratmeter an [cd/m^2] bzw. den Lichtstrom pro sichtbarer Flächeneinheit des Reflektors und Raumwinkel (des entfernt stehenden Auges) [$\text{lm}/\text{m}^2\text{sr}$] an.
Lichtstärke	Der Lichtstrom pro Raumwinkel [lm/sr]
IP	Die Immissionspunkte sind jene Punkte, für welche die Blendberechnung durchgeführt wird
PV	Photovoltaik
Azimut	Seitenwinkel (horizontal) zwischen Objekt und Südrichtung
Elevation	auch <i>Höhenwinkel</i> , gemessen von der Horizontalen zur Objektoberfläche
Koordinatensystem	Das verwendete Koordinatensystem verläuft in x/y-Ebene parallel zur Erdoberfläche, der z-Vektor zeigt senkrecht in die Höhe. In der Berechnung finden verschiedene andere Koordinatensysteme Anwendung, was für das Endergebnis jedoch irrelevant ist.
Prismierung	PV-Glas hat, neben seiner besonderen chemischen Zusammensetzung und einer eventuellen anti-reflex Beschichtung, in vielen Fällen auch noch die Eigenschaft einer „rauen“ Oberfläche – kleine Prismen, die die Reflexion verringern und die Transmission des Lichts in das Glas verstärken sollen. An diesen kleinen, unterschiedlich geneigten Flächen entsteht Streulicht.

ANHANG 2 RICHTLINIEN, VORSCHRIFTEN UND GESETZE

Bundes-Immissionsschutzgesetz Deutschland (2016)

§ 5 (1) Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt 1. schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können; ...

§ 22 (1) Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass 1. schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, ...

Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI-2012), 13.09.2012 -Deutschland

3. Maßgebliche Immissionsorte und –Situationen

Maßgebliche Immissionsorte sind a) schutzwürdige Räume, die als Wohnräume, Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten und Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien, Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen, Büroräume, Praxisräume, Arbeitsräume, Schulungsräume und ähnliche Arbeitsräume genutzt werden. An Gebäuden anschließende Außenflächen (z. B. Terrassen und Balkone) sind schutzwürdigen Räumen tagsüber zwischen 6:00 – 22:00 Uhr gleichgestellt. b) unbebaute Flächen in einer Bezugshöhe von 2 m über Grund an dem am stärksten betroffenen Rand der Flächen, auf denen nach Bau- oder Planungsrecht Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zugelassen sind.

Zur Ermittlung der Immissionen (Blendzeiträume) wird von idealisierten Annahmen ausgegangen

- Die Sonne ist punktförmig
- Das Modul ist ideal verspiegelt, d.h. es kann das Reflexionsgesetz „Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel“ angewendet werden.
- Die Sonne scheint von Aufgang bis Untergang d.h. die Berechnung liefert die astronomisch maximal möglichen Immissionszeiträume.

In den Immissionszeiten sollten nur solche Konstellationen berücksichtigt werden, in denen sich die Blickrichtungen zur Sonne und auf das Modul um mindestens 10° unterscheiden.

Eine erhebliche Belästigung im Sinne des BImSchG durch die maximal mögliche astronomische Blenddauer unter Berücksichtigung aller umliegenden Photovoltaikanlagen kann vorliegen, wenn diese mindestens 30 Minuten am Tag oder 30 Stunden pro Kalenderjahr beträgt.

Luftverkehrsgesetz (LuftVG) 2007, §12 Errichtung von Bauwerken - Deutschland

(3) In der weiteren Umgebung eines Flughafens ist die Zustimmung der Luftfahrtbehörden erforderlich, wenn die Bauwerke folgende Begrenzung überschreiten sollen:

1. außerhalb der Anflugsektoren a) im Umkreis von 4 Kilometer Halbmesser um den Flughafenbezugspunkt eine Höhe von 25 Metern (Höhe bezogen auf den Flughafenbezugspunkt), b) im Umkreis von 4 Kilometer bis 6 Kilometer Halbmesser um den Flughafenbezugspunkt die Verbindungslinie, die von 45 Meter Höhe bis 100 Meter Höhe (Höhen bezogen auf den Flughafenbezugspunkt) ansteigt;
2. innerhalb der Anflugsektoren a) von dem Ende der Sicherheitsflächen bis zu einem Umkreis um den Startbahnbezugspunkt von 10 Kilometer Halbmesser bei Hauptstart- und Hauptlandeflächen und von 8,5 Kilometer bei Nebenstart- und Nebenlandeflächen die Verbindungslinie, die von 0 Meter Höhe an diesem Ende bis 100 Meter Höhe (Höhen bezogen auf den Startbahnbezugspunkt der betreffenden Start- und Landefläche) ansteigt, b) im Umkreis von 10 Kilometer bis 15 Kilometer Halbmesser um den Startbahnbezugspunkt bei Hauptstart- und Hauptlandeflächen die Höhe von 100 Metern (Höhe bezogen auf den Startbahnbezugspunkt der betreffenden Start- und Landeflächen).

EU Regulation 2018/1139**Annex VII Essential requirements for aerodromes - Aerodrome Surroundings**

3.2. Hazards related to human activities and land use, such as, but not limited to, items on the following list, shall be monitored. The risk caused by them shall be assessed and mitigated as appropriate:

- (a) any development or change in land use in the aerodrome area;
- (b) the possibility of obstacle-induced turbulence;
- (c) the use of hazardous, confusing and misleading lights;
- (d) the dazzling caused by large and highly reflective surfaces;
- (e) the creation of areas that might encourage wildlife activity in the surroundings of the aerodrome movement area; or
- (f) sources of non-visible radiation or the presence of moving or fixed objects which may interfere with, or adversely affect, the performance of aeronautical communications, navigation and surveillance systems.

European Aviation Safety Agency 2017 - Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design (CS-ADR-DSN)**CHAPTER M — VISUAL AIDS FOR NAVIGATION (LIGHTS)**

(h) Assessment on dazzle in the aerodrome vicinity:

- (1) Human vision is a complex mechanism using both eye and brain. Even though this mechanism is quite handled for eye, there is still a lack of knowledge on the interpretation of it by the brain. Thus, vision varies from one human being to another.
- (2) The field of view is defined by the area perceived by eyes. The perception of details is based on the luminance ratio between elements of the scene, taking into account spatial distribution. Luminance and contrast are key elements of vision mechanism.
- (3) Four sectors can be identified in the field of view (FOV): (i) sensation field, corresponding to the absolute boundaries of FOV; it opens up to approximately 90° on each side of the eye direction; (ii) visibility field, which

is narrower and enables the perception of an object; it opens up to 60°; (iii) conspicuity field, which enables the recognition, it opens up to 30°; (iv) working conspicuity field, which is further tightly centred on the eye direction (1 to 2°); it enables the identification and is the working area of the vision. It is reminded that the retina is composed in its centre by cone cells (that see colours and details) and at the periphery by rod cells (that perceive movements and change of state).

(i) A safety assessment is conducted in order to identify situations where the risk of dazzling becomes unacceptable. Thus, it is noted that dazzle represents such a risk in the following situations:

- (1) during approach, especially after the aircraft has descended below the decision height: the pilot should not lose any visual cue;
- (2) at touchdown the pilot should not be surprised by a flash;
- (3) during rolling (landing or take-off), the pilot should be able to perceive his environment and detect any deviation from the centre line: the pilot should not lose any visual cue.
- (4) Thus: (i) prejudicial dazzle due to veiling luminance should not occur during approach (slightly before the decision height) and rolling; and (ii) surprise effect should not occur at touchdown.

(j) Regarding air traffic controllers, it has been considered that dazzle induced by veiling effect should not reduce the visual perception of aircraft operations on, and close to the runway.

(k) The elements here above can be applied to solar panels. The following assumptions can be made:

- (1) solar panels are inclined so as to efficiently capture the sunlight, conducting to a range of cross section surfaces;
- (2) the maximum acceptable luminance value has been fixed to 20 000 cd/m²; and
- (3) the surfaces varied from 100 m² to several hectares.

(l) It is assumed that the aircraft maintains precisely its trajectory whereas in reality the approach is conducted into a conical envelop around the expected trajectory.

ANHANG 3 METHODIK DER BERECHNUNG

Die Berechnung wird mittels *Raytracing* durchgeführt. Dabei wird der errechnete Sonnenstand für ein ganzes Jahr in der Auflösung von 1 bis 5 Minuten, in einen Einfallswinkel auf der Reflexionsfläche umgerechnet und mathematisch gespiegelt. Streublendungen werden als Strahlaufweitung an der Reflexionsoberfläche modelliert. Alle Zeitpunkte, bei denen Reflexionen in Richtung der Immissionsunkte auftreten, werden notiert und grafisch im Blendverlauf dargestellt. Die Blenddauer wird als tägliche und jährliche Akkumulation der Blendzeitpunkte errechnet. Alle Berechnungen werden unter Zuhilfenahme von vorteilhaften Koordinatensystemen, mittels entsprechender Drehmatrizen durchgeführt.

Für eine eventuelle Berechnung der photometrischen Daten (Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke) wird die, vom Sonnenstand abhängige, Einstrahlung mit dem winkelabhängigen Reflexionsfaktor multipliziert. Auch die Strahlaufweitung an der reflektierenden Oberfläche wird berücksichtigt. Die Beleuchtungsstärke wird mit der, zu jedem Zeitpunkt reflektierenden, Oberfläche berechnet.

ANHANG 4 VERMESSUNG DER UMGEBUNG

Die reflektierenden Flächen befinden sich an folgenden Koordinaten

EPSG	Koordinatensystem	False Northing	False Easting
25832	UTM 32N	5 000 000	0

Reflektor	A				B				C			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Eckpunkt												
x	666 622	666 902	666 967	666 502	666 501	666 961	666 960	666 329	666 322	666 971	666 971	666 217
y	749 284	749 314	749 393	749 393	749 395	749 393	749 565	749 564	749 578	749 580	749 875	749 872
z	157	160	159	154	154	158	158	151	151	157	155	157
h	0,8	0,8	2,7	2,7	0,8	0,8	2,7	2,7	0,8	0,8	2,7	2,7

Reflektor	D				E				F			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Eckpunkt												
x	666 230	666 959	666 959	666 120	666 152	666 577	666 576	666 155	666 416	666 717	666 715	666 414
y	749 886	749 888	750 183	750 179	750 194	750 196	750 260	750 256	750 260	750 263	750 366	750 365
z	156	154	134	143	141	133	125	134	131	125	116	123
h	0,8	0,8	2,7	2,7	0,8	0,8	2,7	2,7	0,8	0,8	2,7	2,7

Reflektor	G				H				I			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Eckpunkt												
x	666 783	666 958	666 939	666 738	666 718	666 939	666 938	666 716	666 514	666 940	666 916	666 516
y	750 222	750 198	750 309	750 304	750 305	750 309	750 367	750 366	750 368	750 368	750 484	750 485
z	127	133	121	118	120	121	117	116	122	117	114	117
h	0,8	0,8	2,7	2,7	0,8	0,8	2,7	2,7	0,8	0,8	2,7	2,7

Mit den folgenden Winkeln

	Montagesystem		Untergrund		Resultierende	
	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel	Höhenwinkel	Seitenwinkel
A	15	0	1	153	15	2
B	15	0	1	119	15	2
C	15	0	0	29	15	1
D	15	0	3	-174	15	-1
E	15	0	7	-171	15	-4
F	15	0	5	-165	15	-4
G	15	0	6	169	15	4
H	15	0	4	174	15	1
I	15	0	2	-164	15	-2

Für diese Berechnung wurden folgende Immissionspunkte betrachtet

Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bezeichnung	IP-S1	IP-S2	IP-S3	IP-S4	IP-S5	IP-S6	IP-S7	IP-S8	IP-S9
x	667 013	667 301	666 452	666 282	666 289	666 204	666 164	666 500	666 651
y	750 531	750 546	750 508	749 527	749 575	749 857	750 036	749 352	749 177
z	119	125	118	151	151	157	151	155	161
h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Blickrichtung - Az	79	92	-89	-128	165	179	157	136	178

Immissionspunkt	10	11	12	13	14
Bezeichnung	IP1	IP2	IP3	IP4	IP5
x	666 460	666 110	666 034	666 020	665 507
y	750 433	750 213	750 237	750 276	749 975
z	120	139	135	133	123
h	2,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Blickrichtung - Az					

Immissionspunkt	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Bezeichnung	IP-ATCT	IP-R26-1	IP-R26-2	IP-R26-3	IP-R26-4	IP-R26-5	IP-R08-1	IP-R08-2	IP-R08-3	IP-R08-4	IP-R08-5
x	666 813	667 416	668 315	669 214	670 113	671 012	665 620	664 721	663 822	662 923	662 024
y	748 269	748 010	748 234	748 458	748 682	748 907	747 547	747 322	747 098	746 874	746 650
z	179	183	183	183	183	183	179	179	179	179	179
h	21,0	10,0	58,6	107,1	155,7	204,2	10,0	58,6	107,1	155,7	204,2
Blickrichtung - Az		76	76	76	76	76	-104	-104	-104	-104	-104

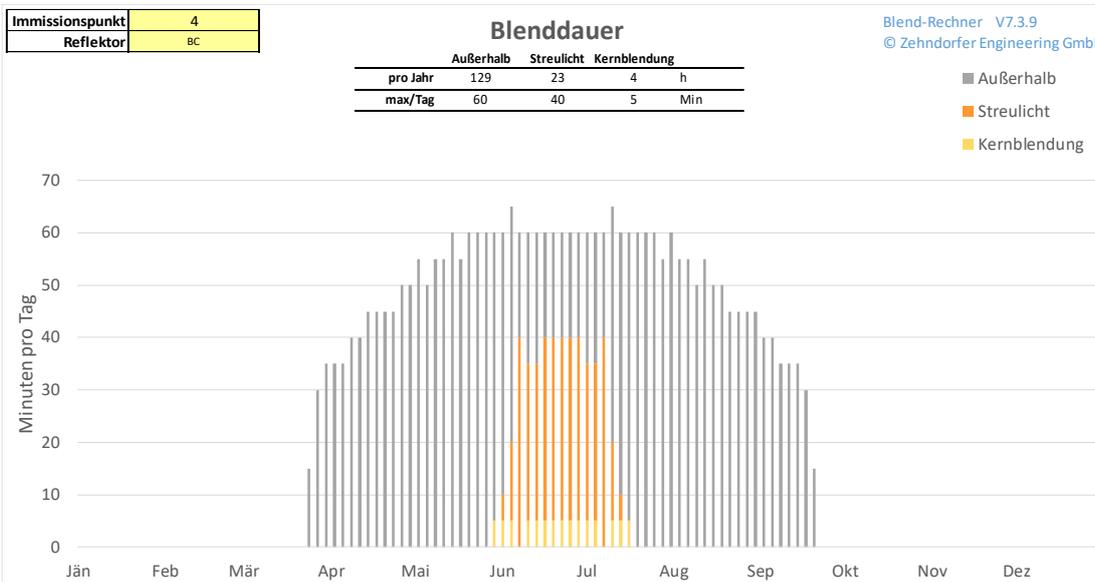
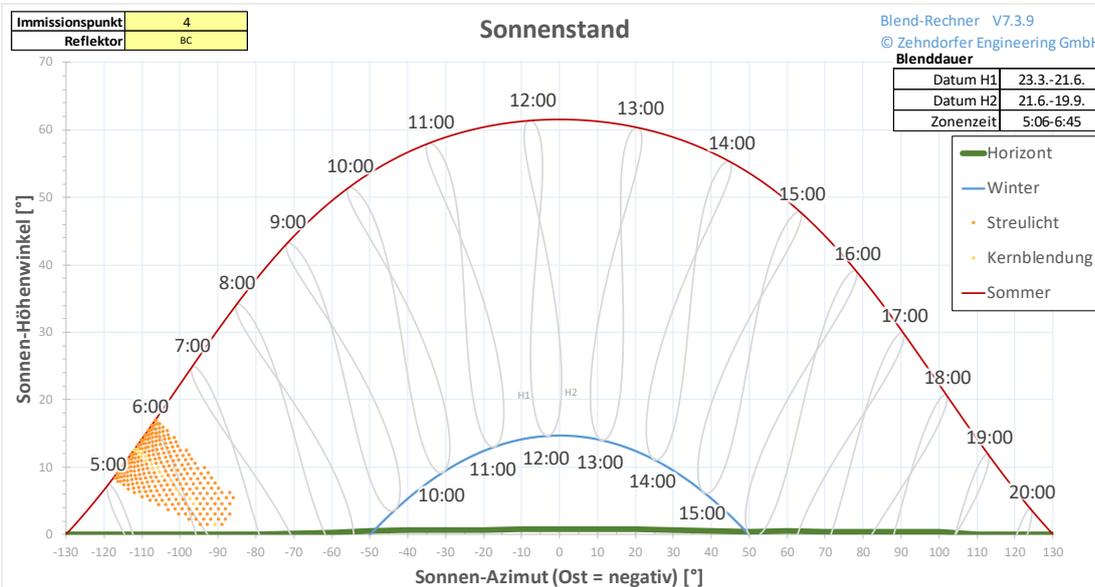
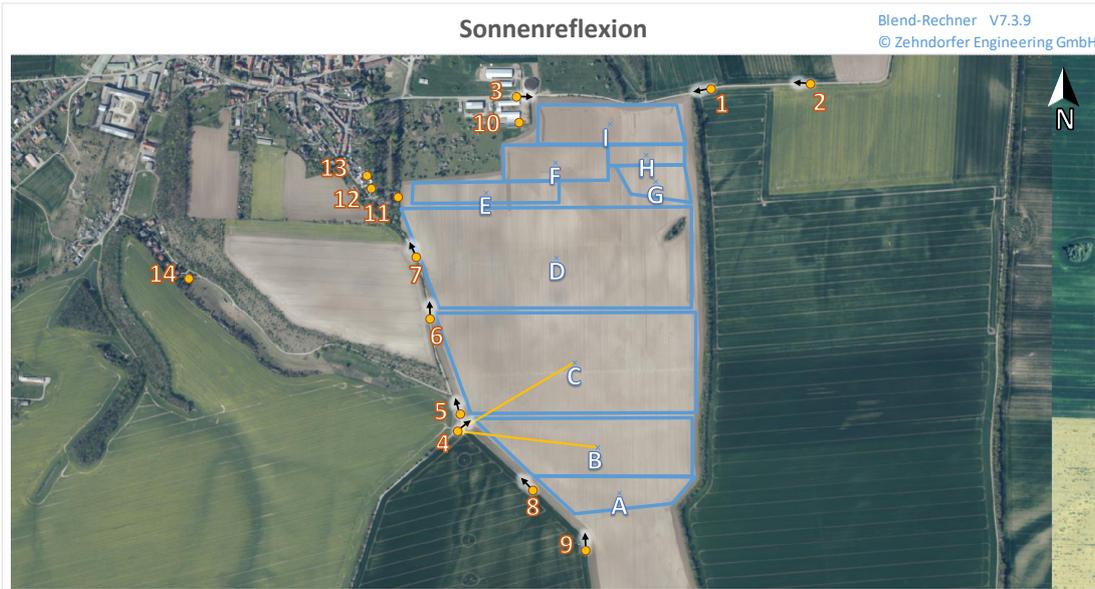
ANHANG 5 DETAIL-ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Reflektor	FI	FHI	I	BC	C	CD	D	AB	AB	I
Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz m	108	390	68	60	32	18	10	32	110	55
Höhenwinkel °	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0
Raumwinkel msr	30	8	1	38	82	18	455	81	38	7
Datum H1	-	-	-	23.3.-21.6.	23.3.-21.6.	20.3.-21.6.	9.2.-21.6.	17.3.-21.6.	28.5.-21.6.	23.3.-21.6.
Datum H2	-	-	-	21.6.-19.9.	21.6.-19.9.	21.6.-22.9.	21.6.-31.10.	21.6.-25.9.	21.6.-15.7.	21.6.-19.9.
Zeit	-	-	-	5:06-6:45	5:06-6:49	5:06-6:47	5:13-7:58	5:11-6:54	5:16-5:56	5:06-6:35
Kernblendung min / Tag	-	-	-	5	0	0	0	0	0	5
Kernblendung h / Jahr	-	-	-	4	0	0	0	0	0	2
Streulicht min / Tag	-	-	-	40	0	0	0	0	0	40
Streulicht h / Jahr	-	-	-	23	0	0	0	0	0	71
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel) °	-	-	-	8	10	8	13	9	7	8
Sonnen-Azimet (Mittel) °	-	-	-	-59	-59	-59	-58	-58	-58	-59
Sonne-Reflektor-Winkel (max) °	-	-	-	24	30	25	49	25	18	24
Blendung - Blickwinkel (min) °	-	-	-	9	76	62	85	106	63	2
Leuchtdichte (max) [k cd/m ²]	-	-	-	6 691	6 597	6 597	5 998	6 722	3 251	6 131
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm ²]	-	-	-	52	51	51	47	52	25	48
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	-	-	-	8 322	17 880	2 554	23 507	13 081	0	2 469

Reflektor	EF	EFI	EFI	CDE	ABCDEFghi	ABCDEFghi	ABCDEFghi	ABCDEFghi	ABCDEFghi	ABCDEFghi
Immissionspunkt	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Distanz m	35	104	136	647	1 030	1 402	1 779	2 437	3 230	4 080
Höhenwinkel °	-2	-1	0	0	-2	-1	-2	-3	-3	-3
Raumwinkel msr	42	2	2	14	7	3	3	3	2	2
Datum H1	5.3.-21.6.	20.3.-21.6.	23.3.-21.6.	29.3.-21.6.	-	-	-	19.4.-21.6.	1.4.-21.6.	23.3.-21.6.
Datum H2	21.6.-7.10.	21.6.-22.9.	21.6.-19.9.	21.6.-13.9.	-	-	-	21.6.-23.8.	21.6.-10.9.	21.6.-19.9.
Zeit	5:12-7:09	5:11-6:37	5:14-6:35	5:01-6:24	-	-	-	18:10-19:16	17:58-19:18	17:49-19:06
Kernblendung min / Tag	15	5	0	0	-	-	-	0	0	0
Kernblendung h / Jahr	26	2	0	0	-	-	-	0	0	0
Streulicht min / Tag	60	45	45	30	-	-	-	0	0	0
Streulicht h / Jahr	123	86	86	56	-	-	-	0	0	0
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel) °	10	8	8	7	-	-	-	9	10	10
Sonnen-Azimet (Mittel) °	-58	-58	-57	-59	-	-	-	58	58	56
Sonne-Reflektor-Winkel (max) °	33	26	25	21	-	-	-	27	29	30
Blendung - Blickwinkel (min) °	0	0	0	3	-	-	-	32	24	19
Leuchtdichte (max) [k cd/m ²]	5 612	5 949	5 684	5 630	-	-	-	5 967	5 893	5 567
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm ²]	40	8	6	38	-	-	-	5	3	2
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	9 158	2 259	1 664	3 382	-	-	-	3 109	2 802	1 377

Reflektor	ABCDEFghi	ABCDEFghi	ABCDEFghi	ABCDEFghi	ABCDEFghi
Immissionspunkt	21	22	23	24	25
Distanz m	2 006	2 731	3 519	4 344	5 204
Höhenwinkel °	-1	-2	-2	-2	-2
Raumwinkel msr	1	2	2	0	1
Datum H1	-	-	-	-	3.6.-21.6.
Datum H2	-	-	-	-	21.6.-9.7.
Zeit	-	-	-	-	5:26-5:59
Kernblendung min / Tag	-	-	-	-	0
Kernblendung h / Jahr	-	-	-	-	0
Streulicht min / Tag	-	-	-	-	15
Streulicht h / Jahr	-	-	-	-	4
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel) °	-	-	-	-	8
Sonnen-Azimet (Mittel) °	-	-	-	-	-57
Sonne-Reflektor-Winkel (max) °	-	-	-	-	19
Blendung - Blickwinkel (min) °	-	-	-	-	15
Leuchtdichte (max) [k cd/m ²]	-	-	-	-	2 106
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm ²]	-	-	-	-	0
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	-	-	-	-	0

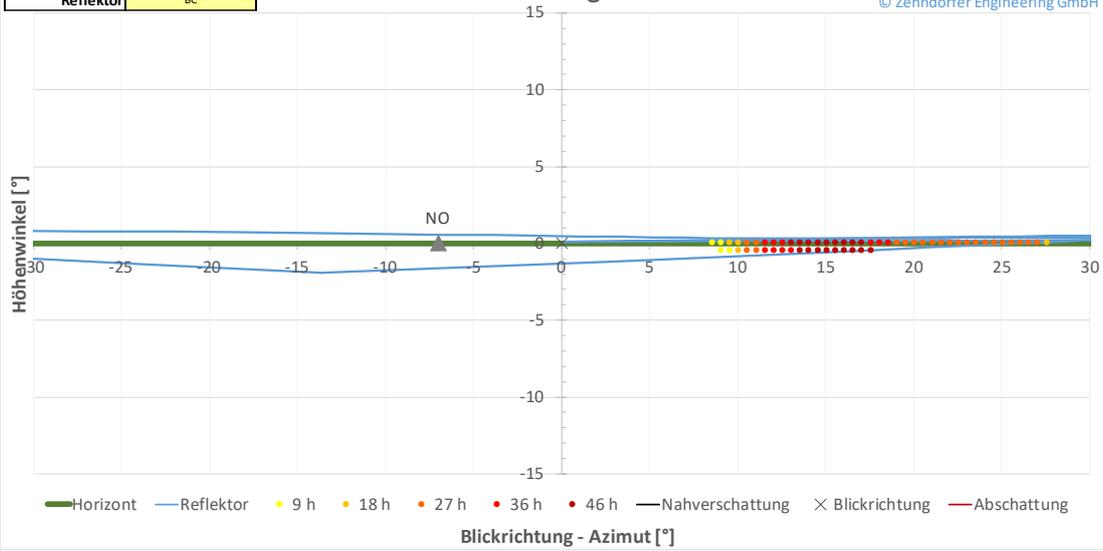
Im Folgenden werden auszugsweise jene Ergebnisse grafisch dargestellt, für welche Reflexionen auftreten können.



Immissionspunkt	4
Reflektor	BC

Blendhäufigkeit

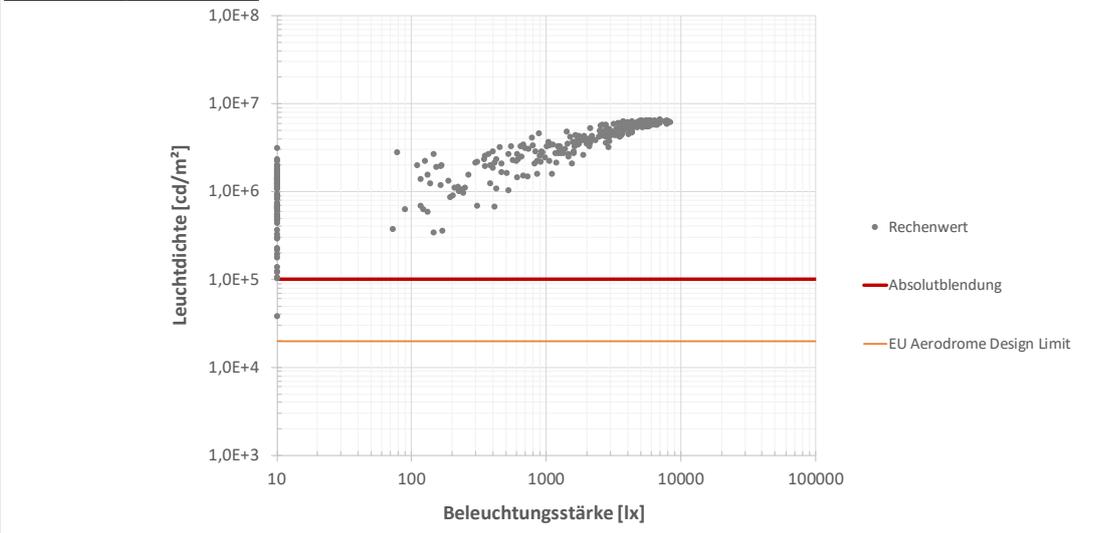
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	4
Reflektor	BC

Reflexions-Photometrie

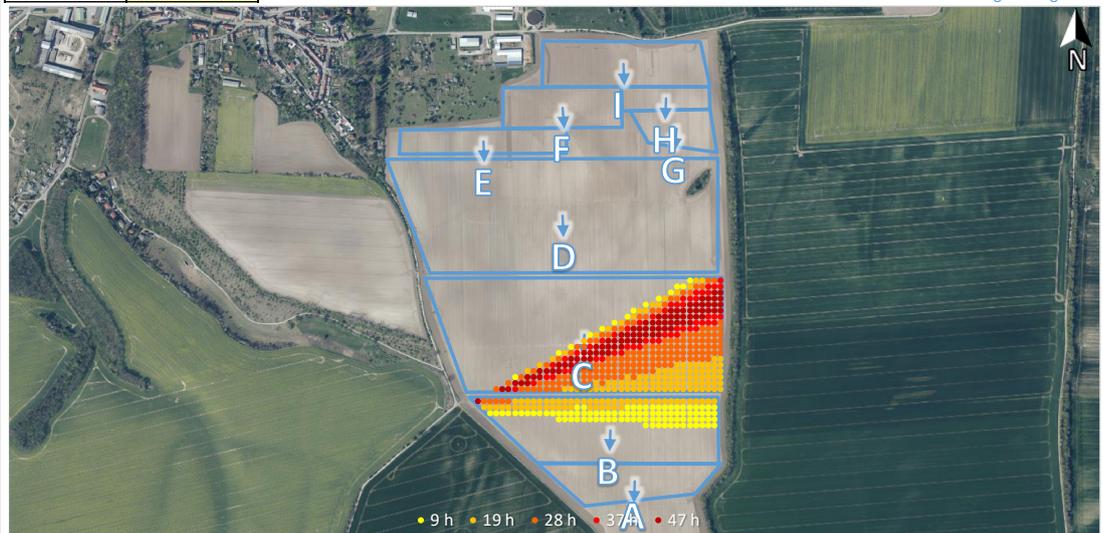
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

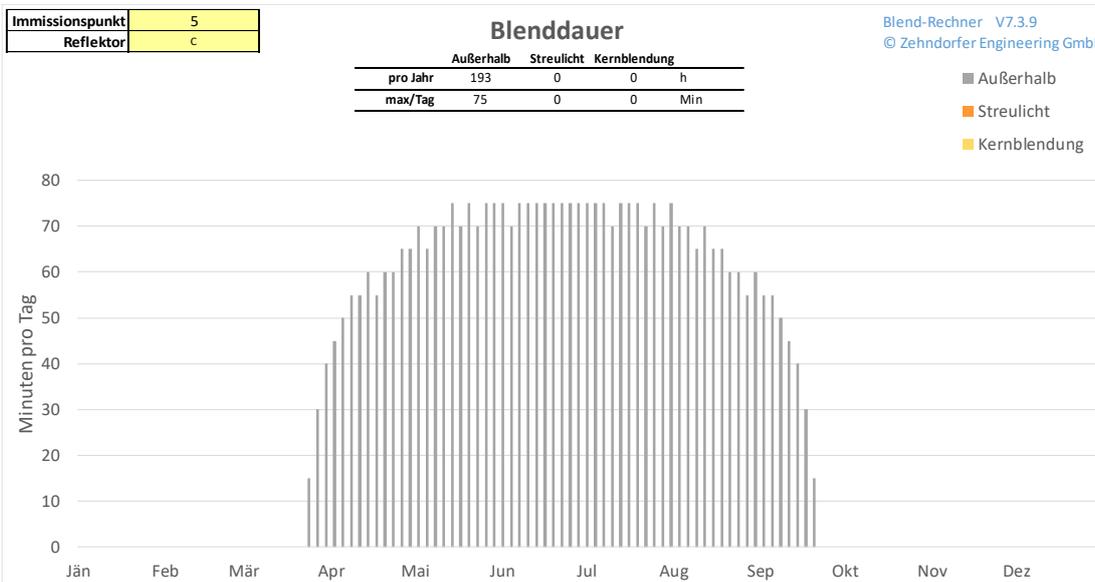
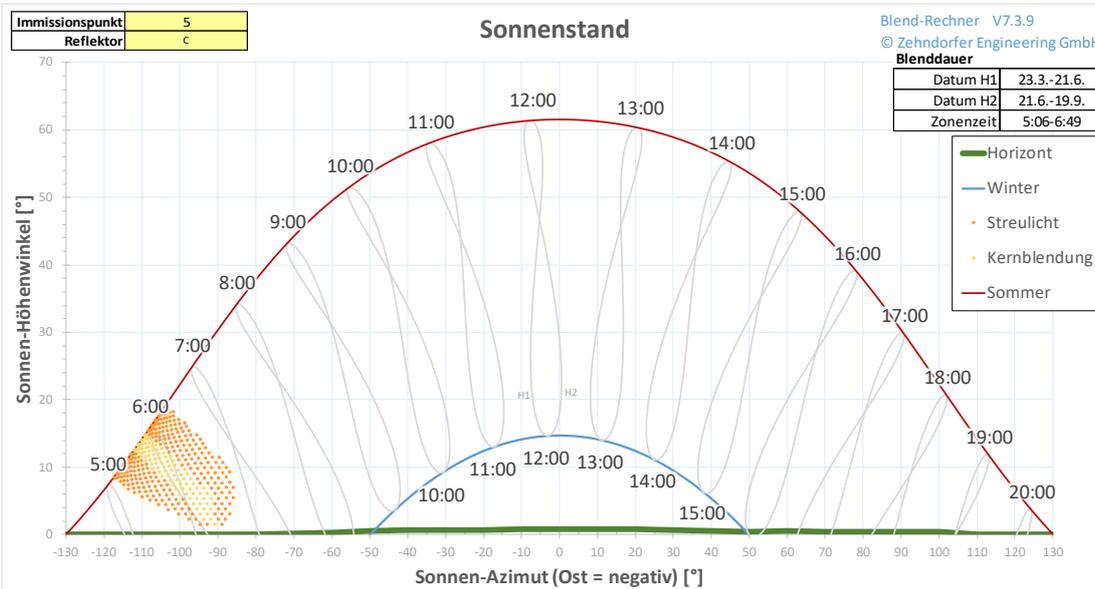
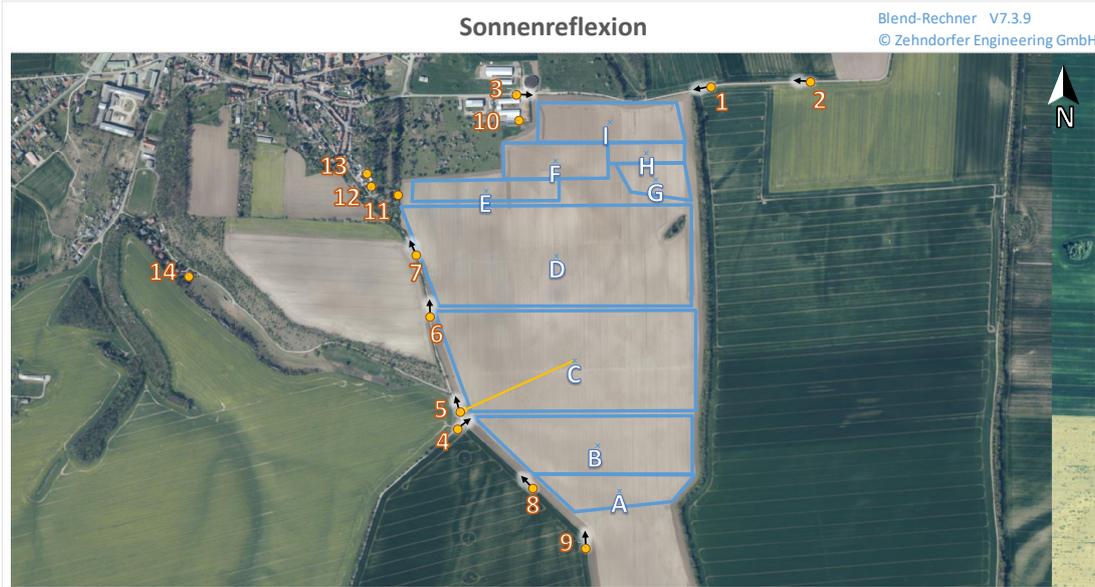


Immissionspunkt	4
Reflektor	BC

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

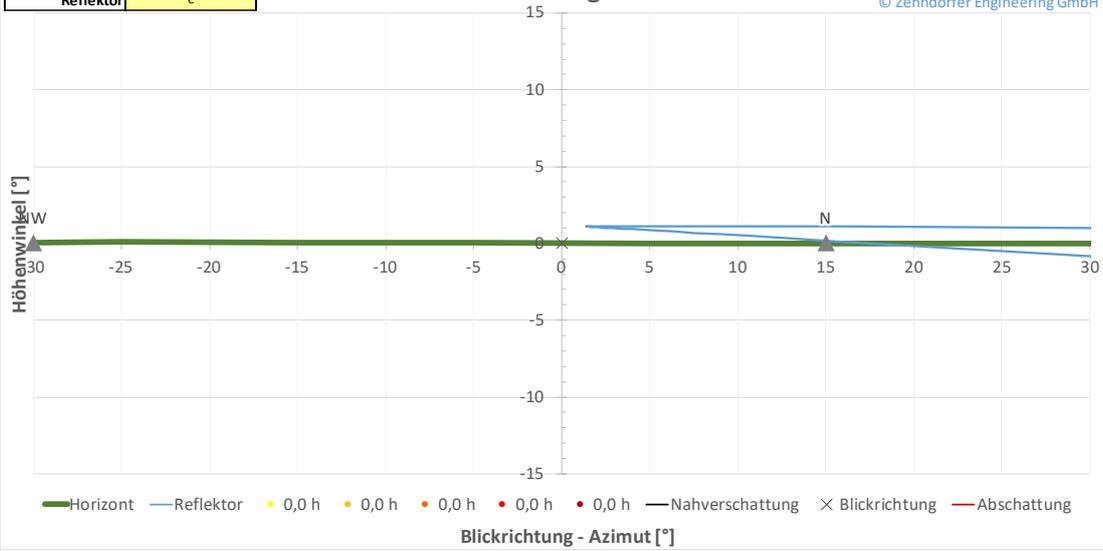




Immissionspunkt	5
Reflektor	c

Blendhäufigkeit

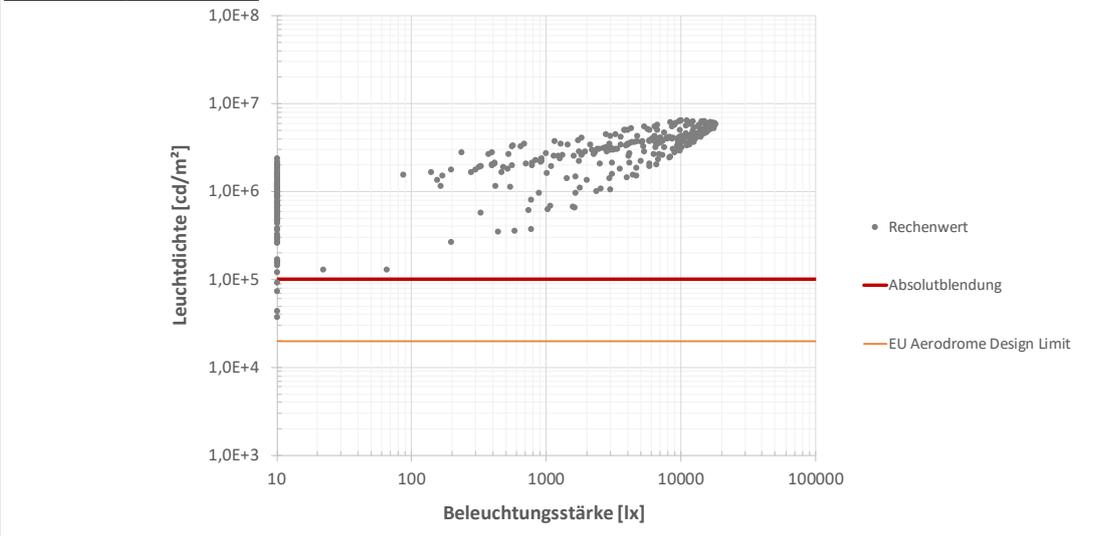
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	5
Reflektor	c

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

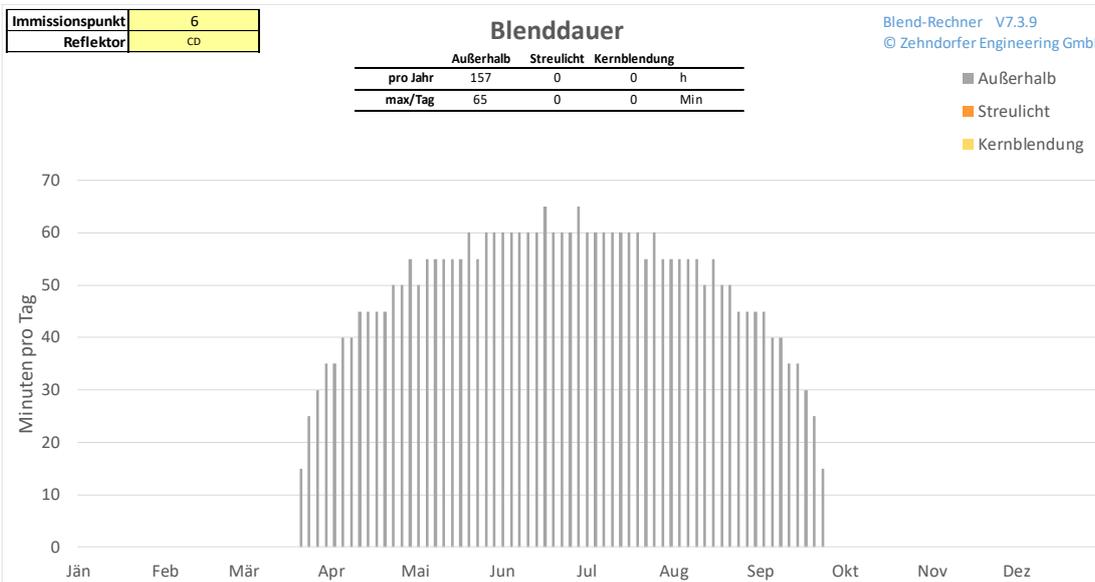
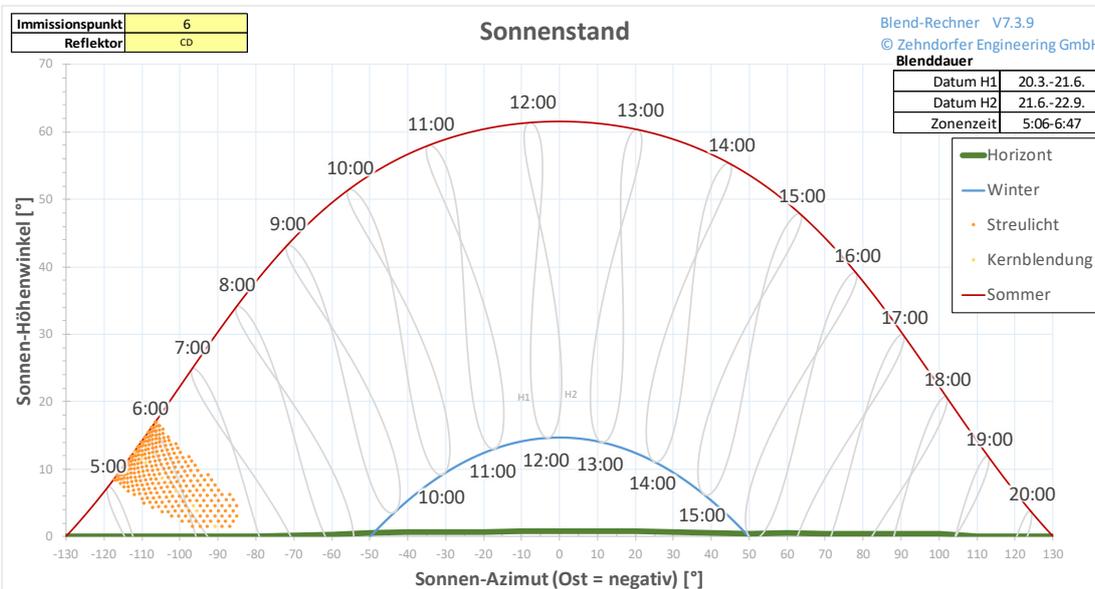


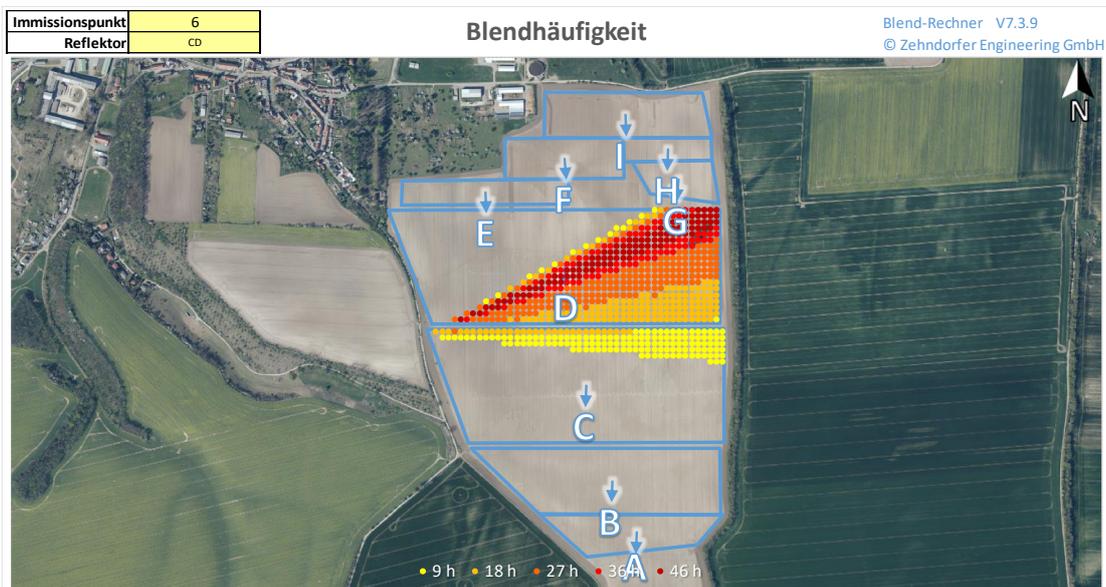
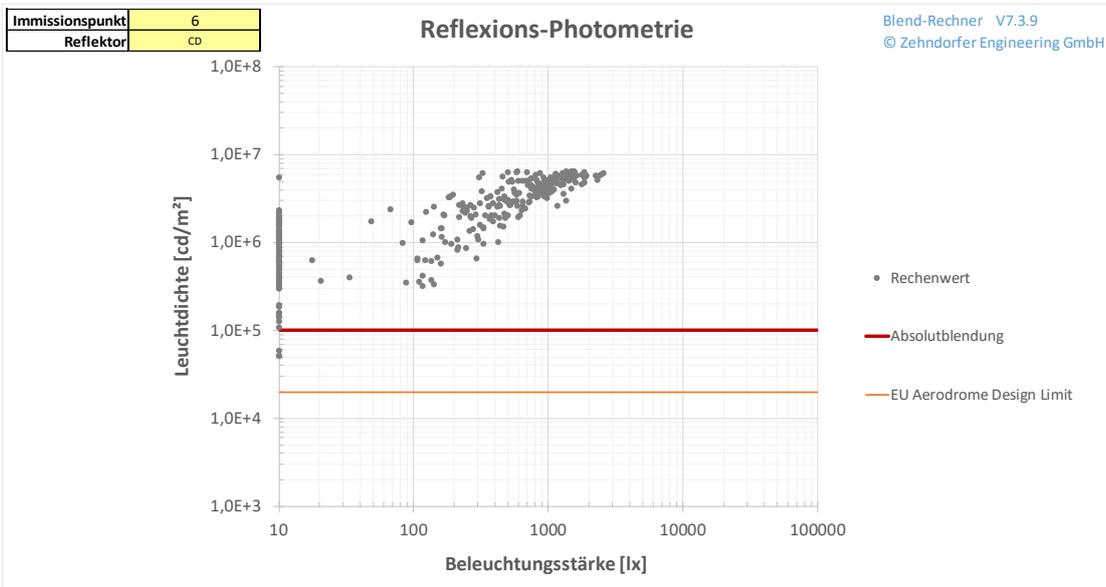
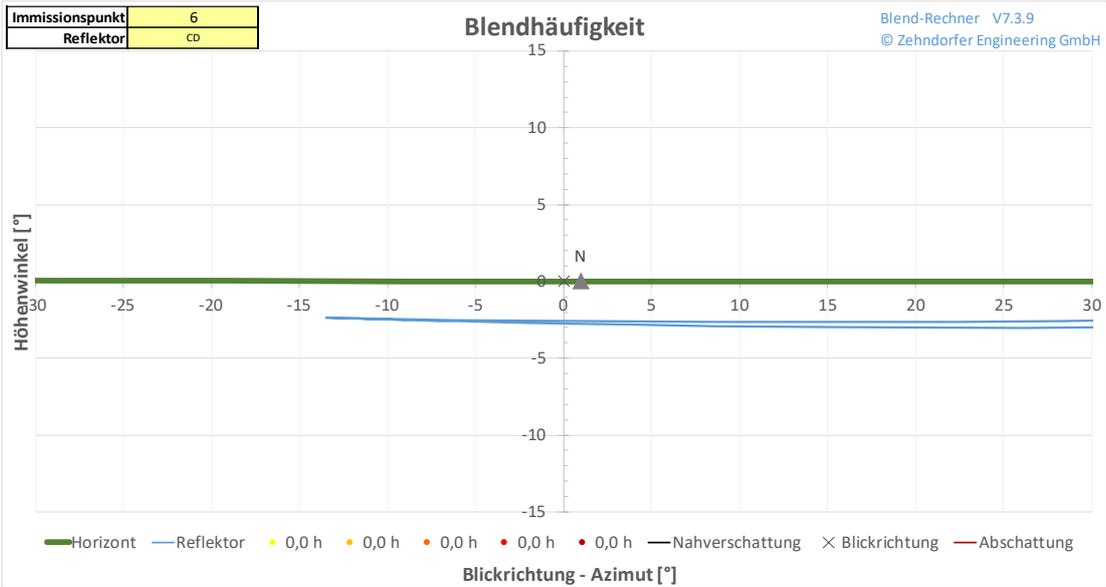
Immissionspunkt	5
Reflektor	c

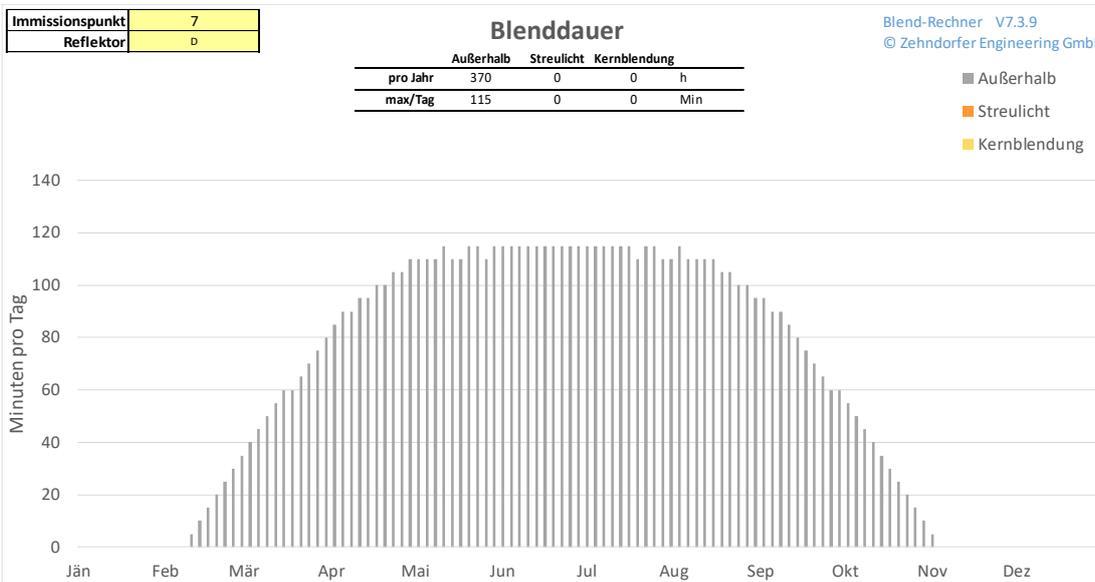
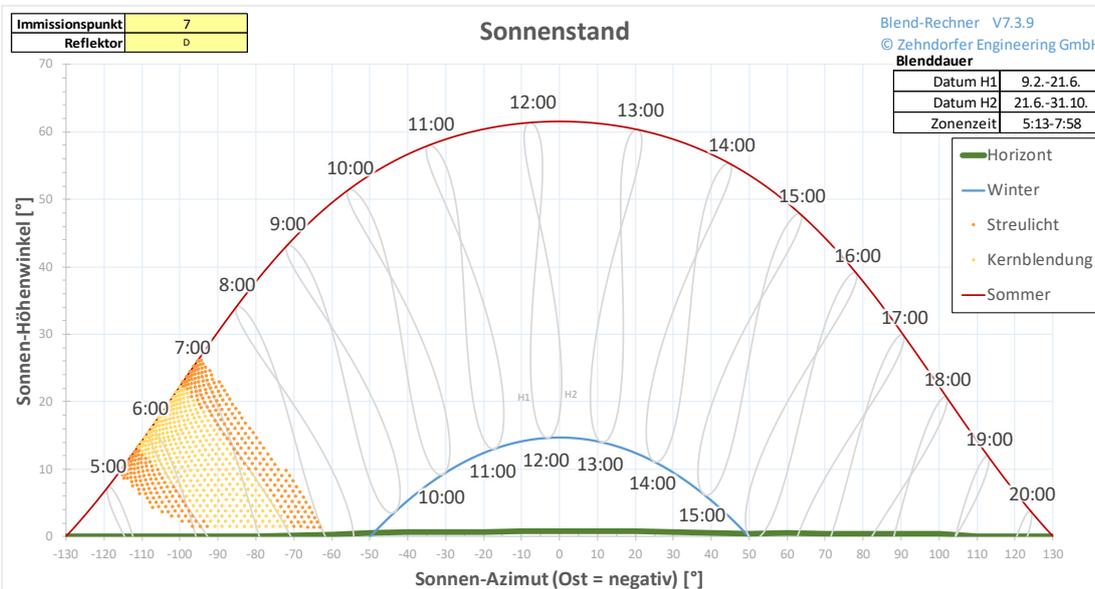
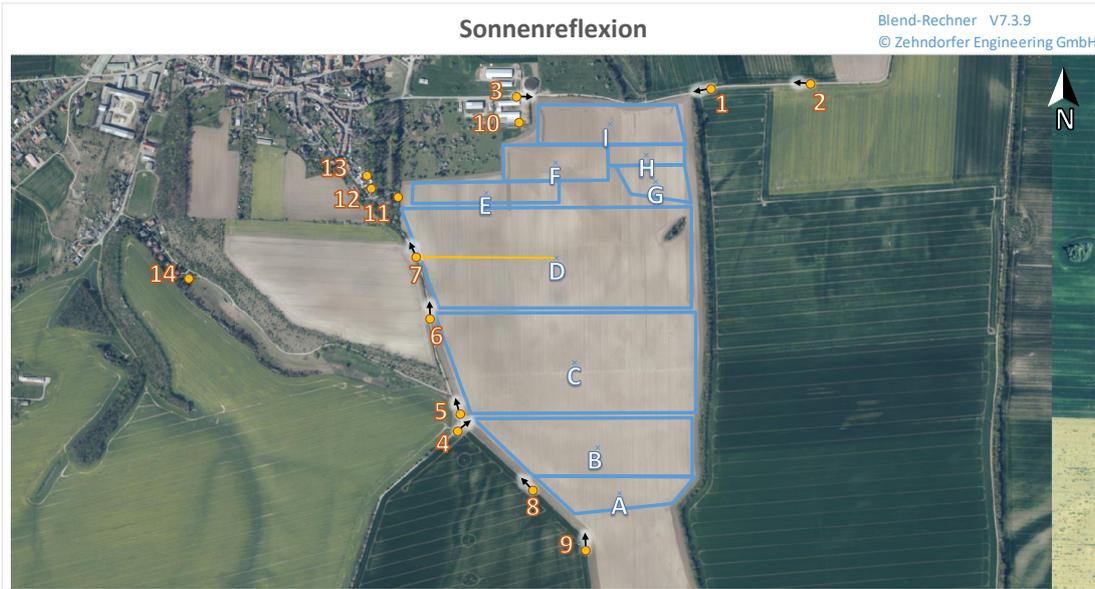
Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH





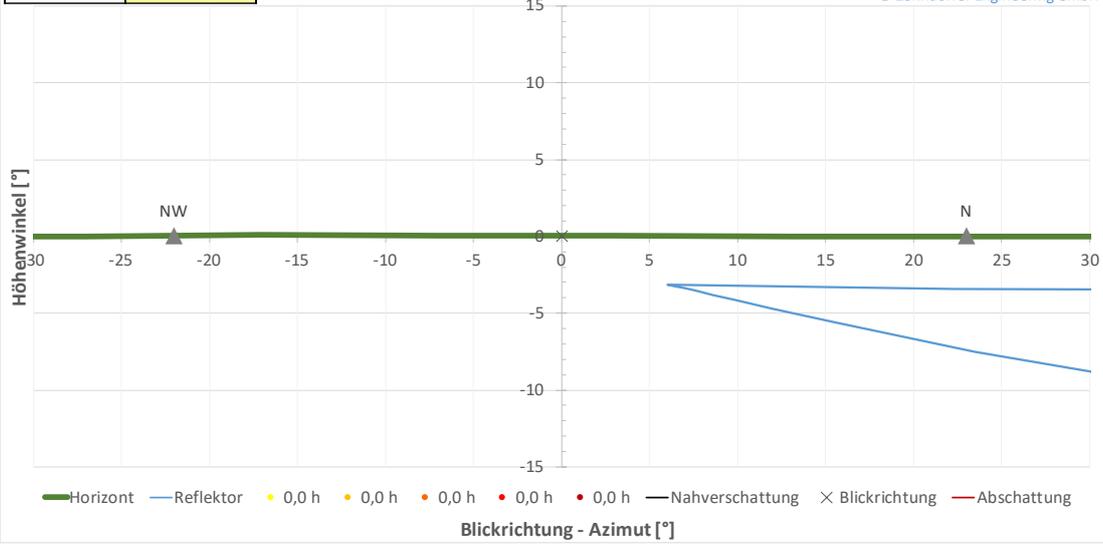




Immissionspunkt	7
Reflektor	D

Blendhäufigkeit

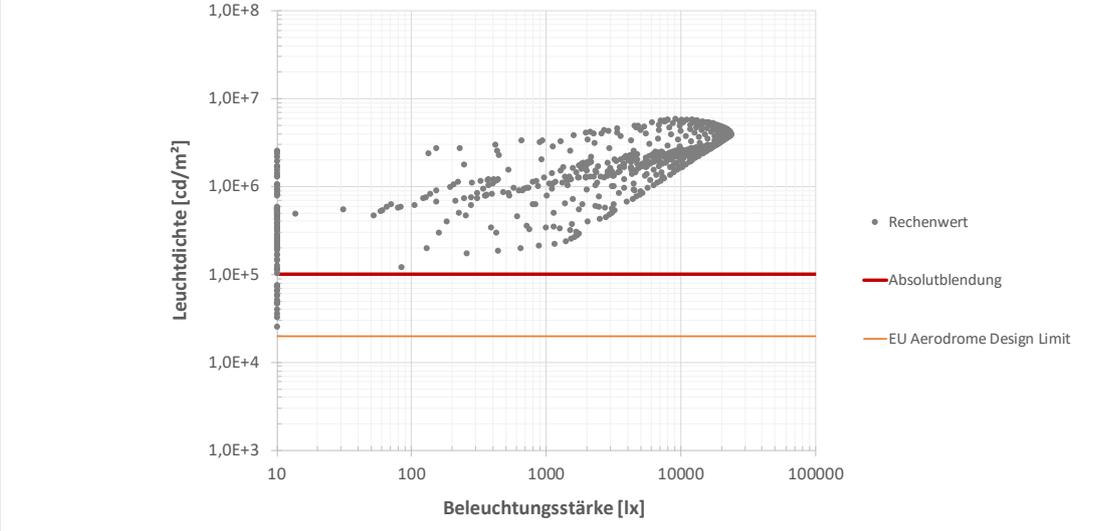
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	7
Reflektor	D

Reflexions-Photometrie

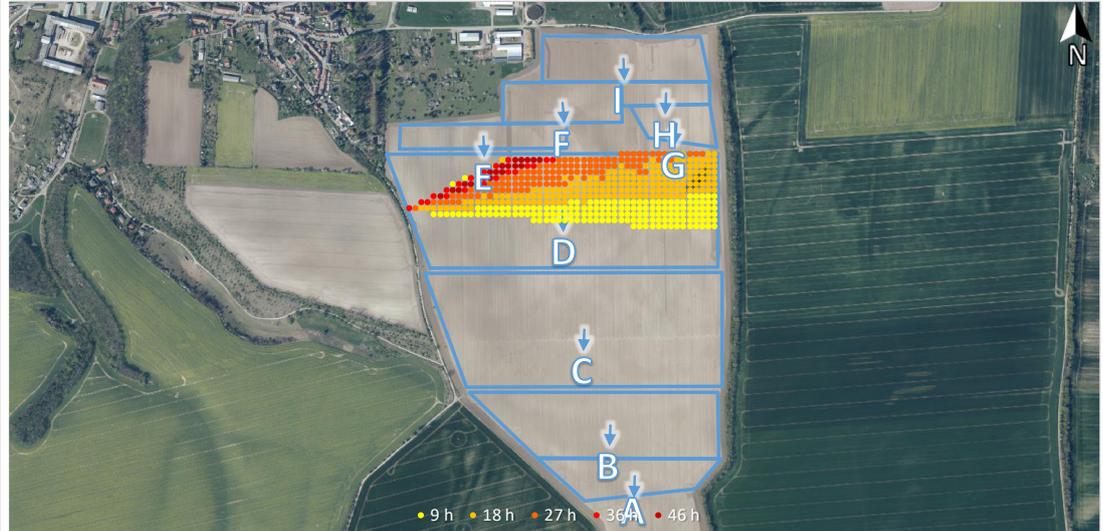
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

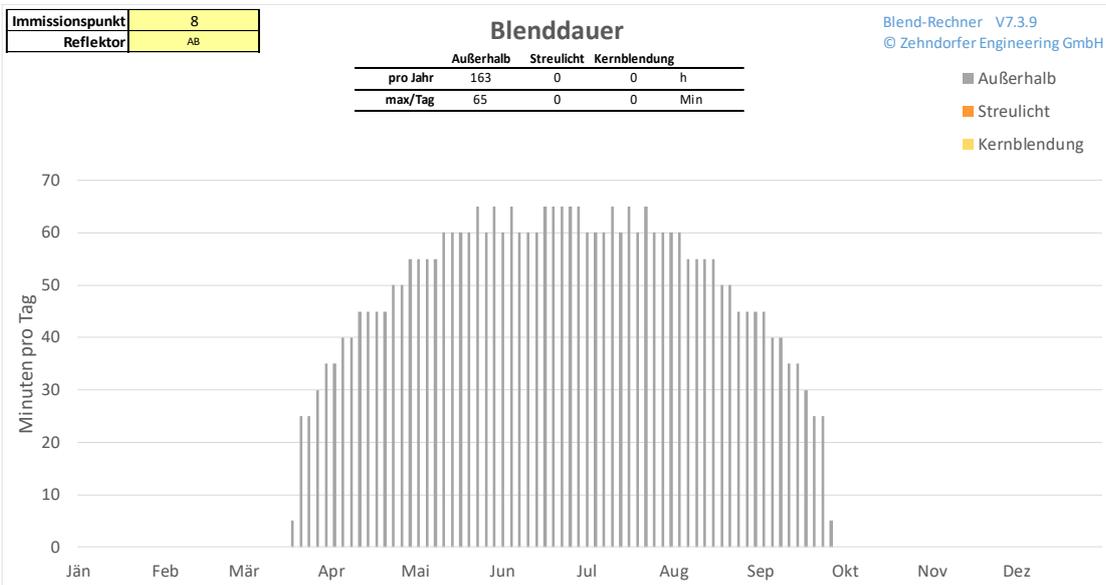
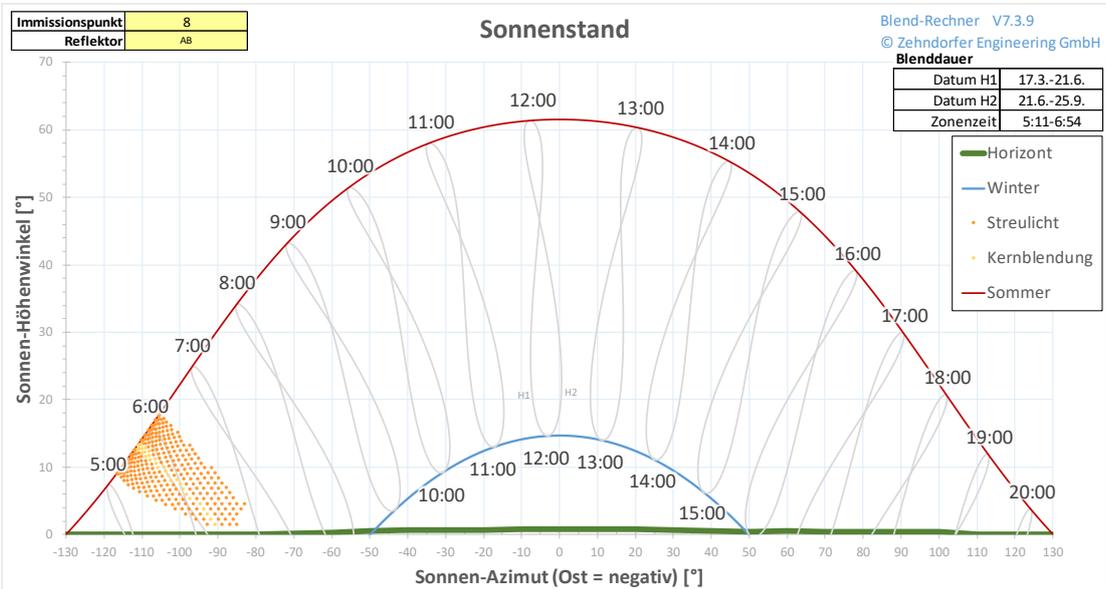


Immissionspunkt	7
Reflektor	D

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

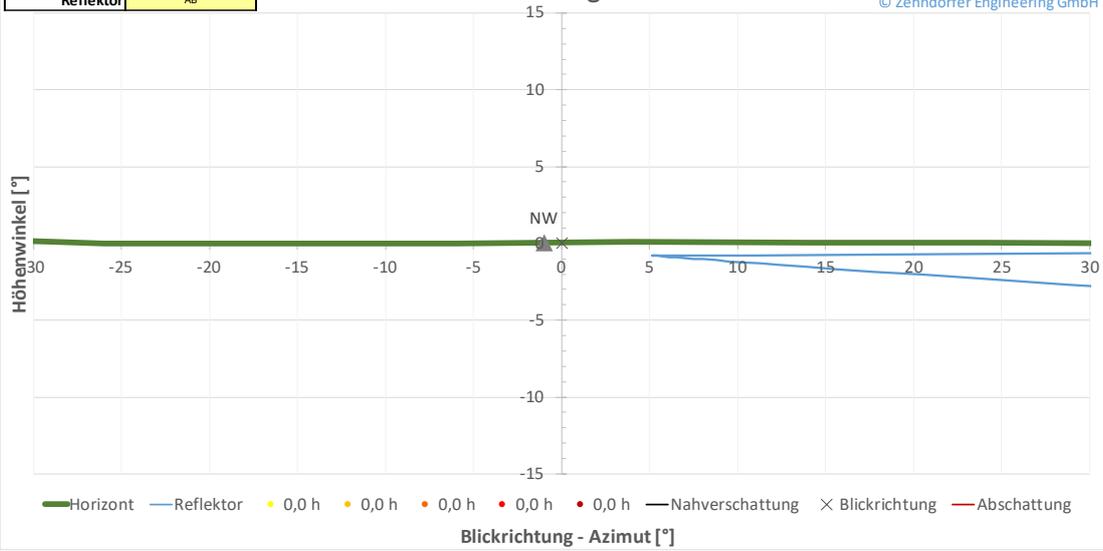




Immissionspunkt	8
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

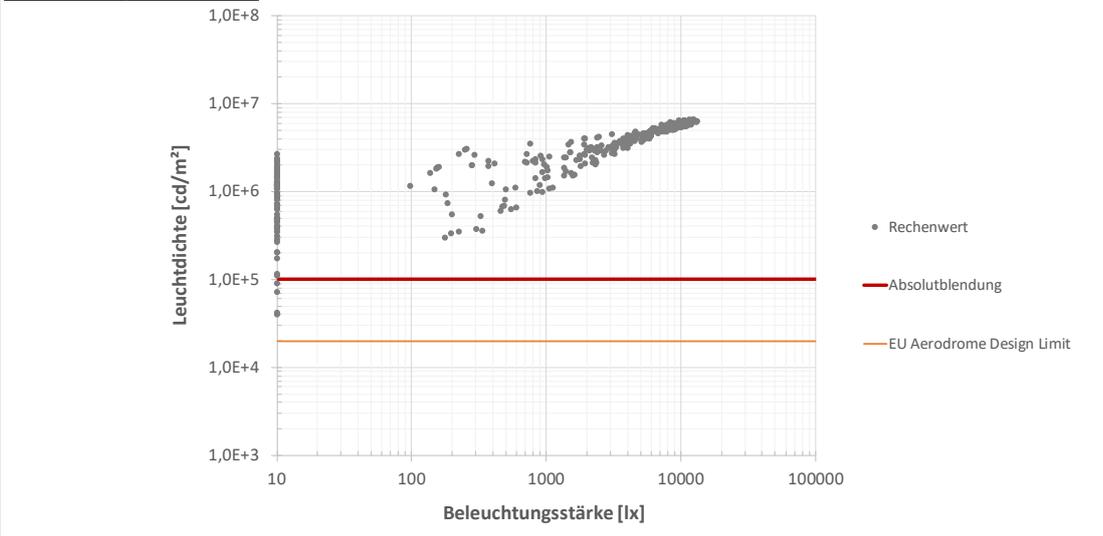
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	8
Reflektor	AB

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

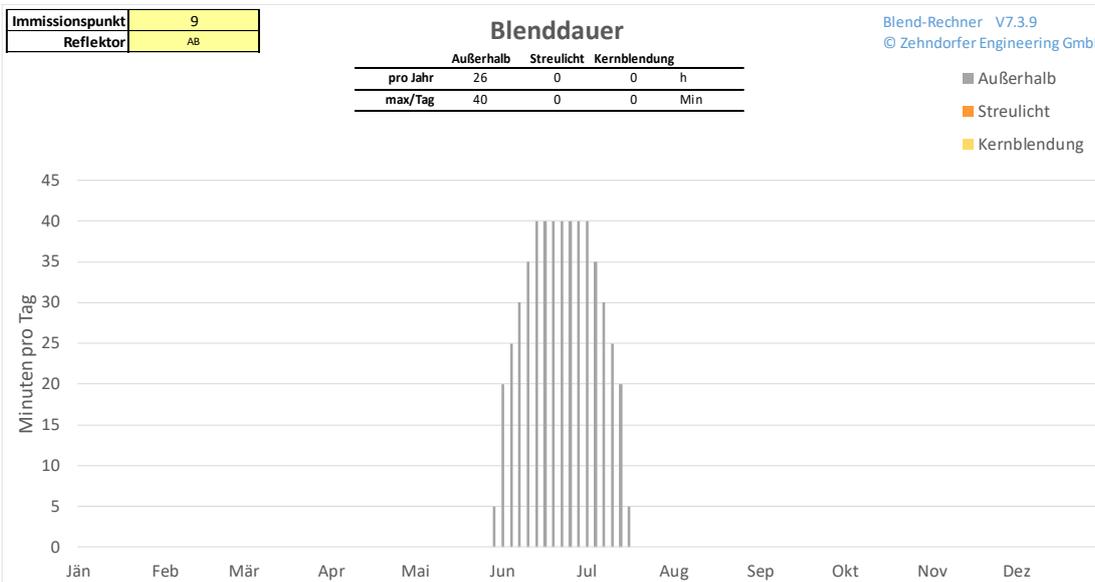
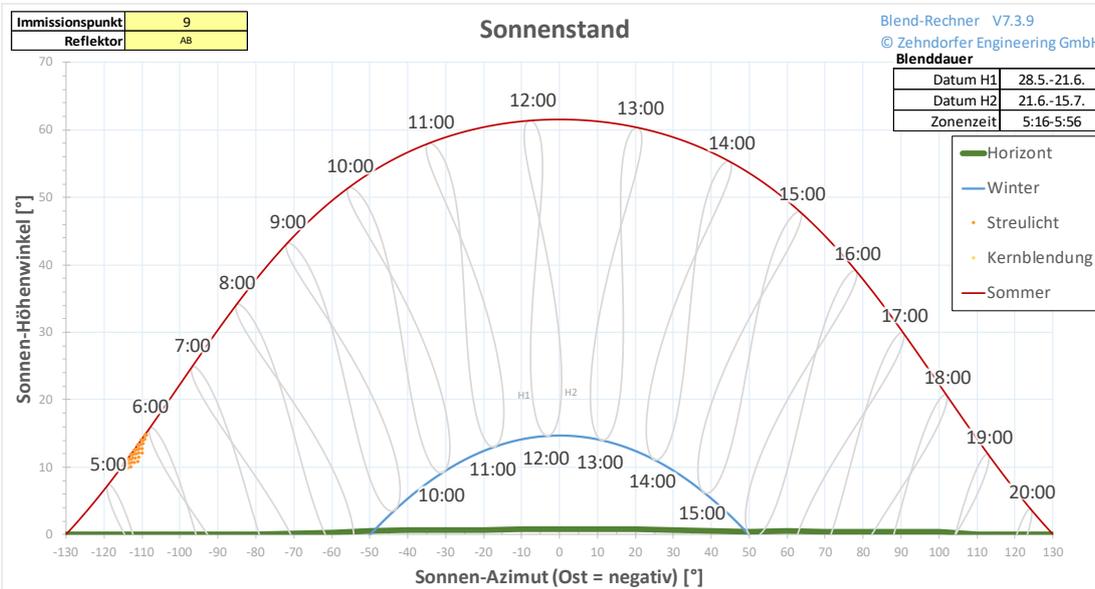


Immissionspunkt	8
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

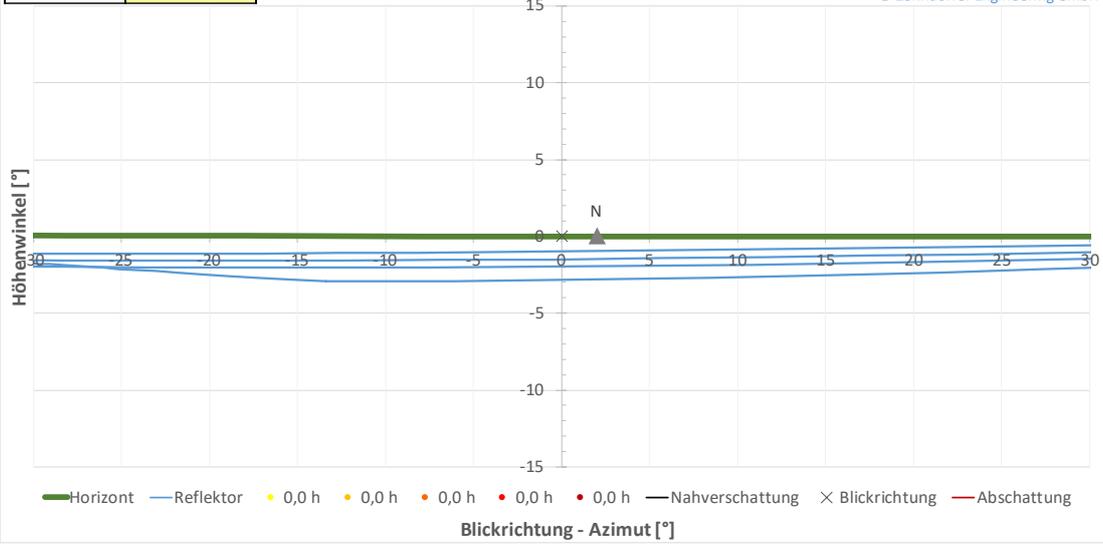




Immissionspunkt	9
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

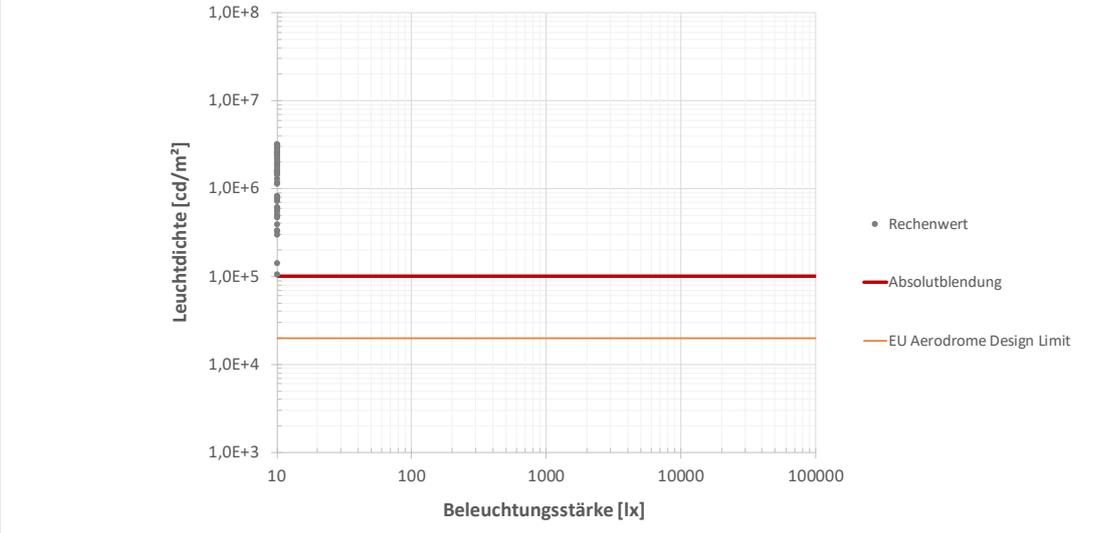
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	9
Reflektor	AB

Reflexions-Photometrie

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

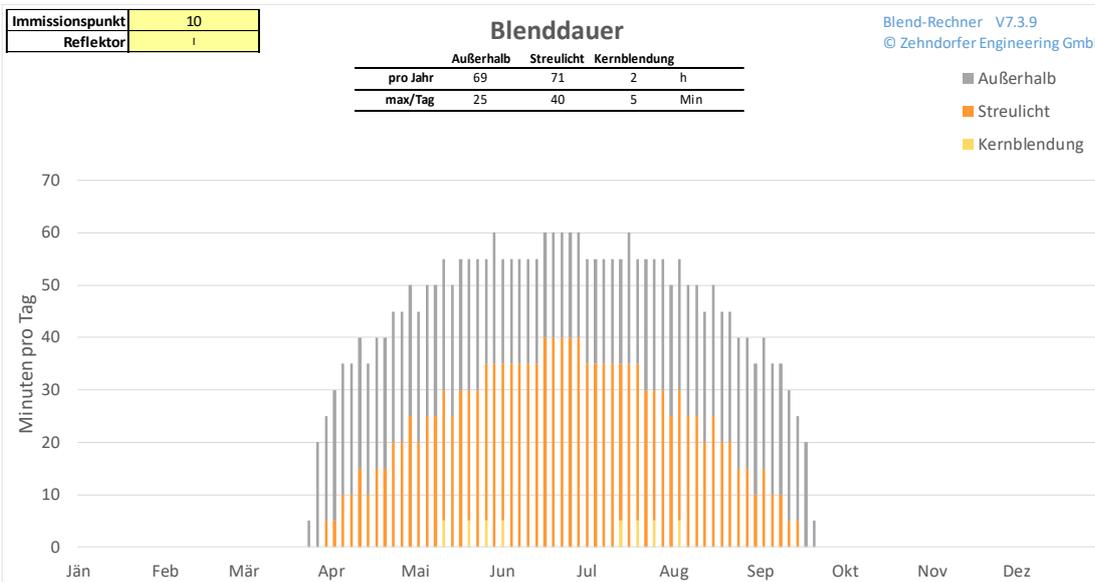
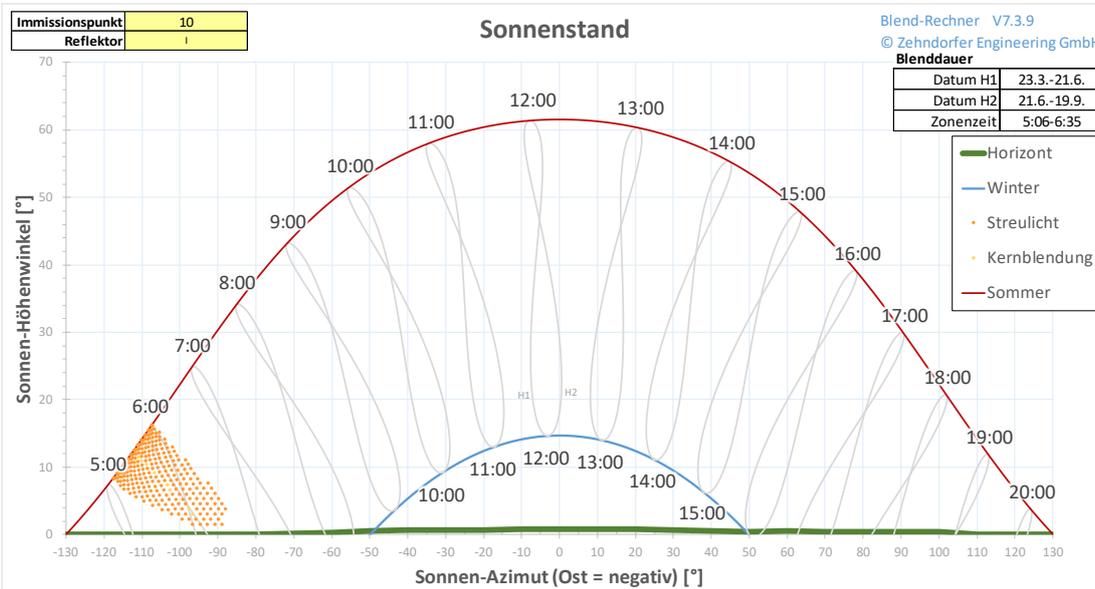
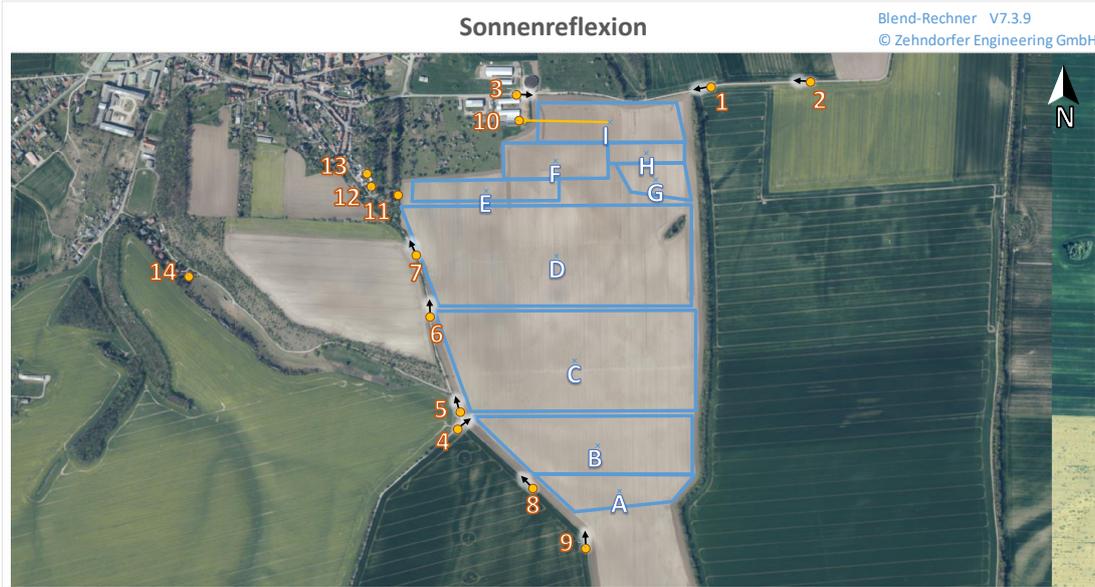


Immissionspunkt	9
Reflektor	AB

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

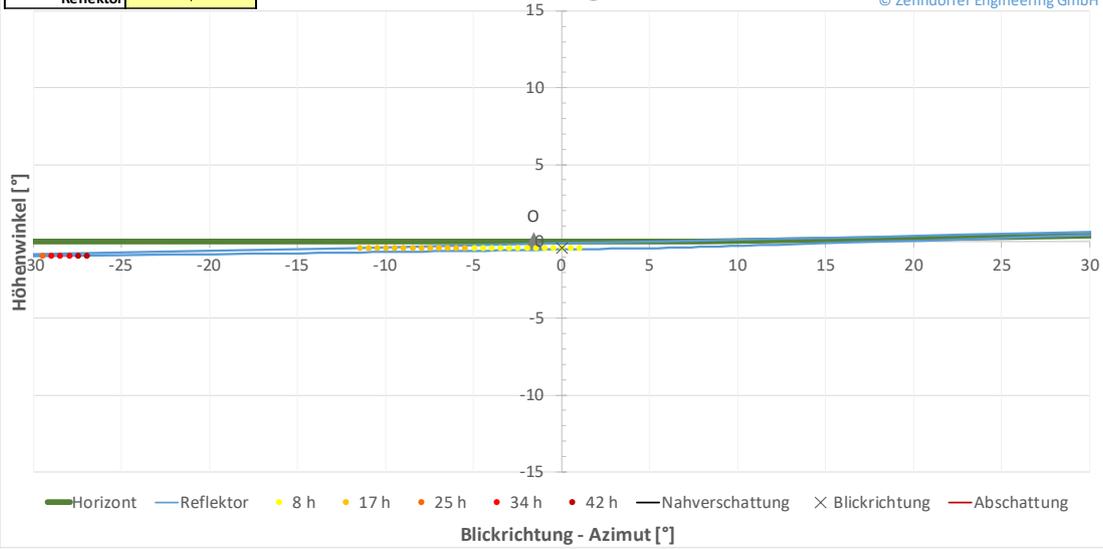




Immissionspunkt	10
Reflektor	I

Blendhäufigkeit

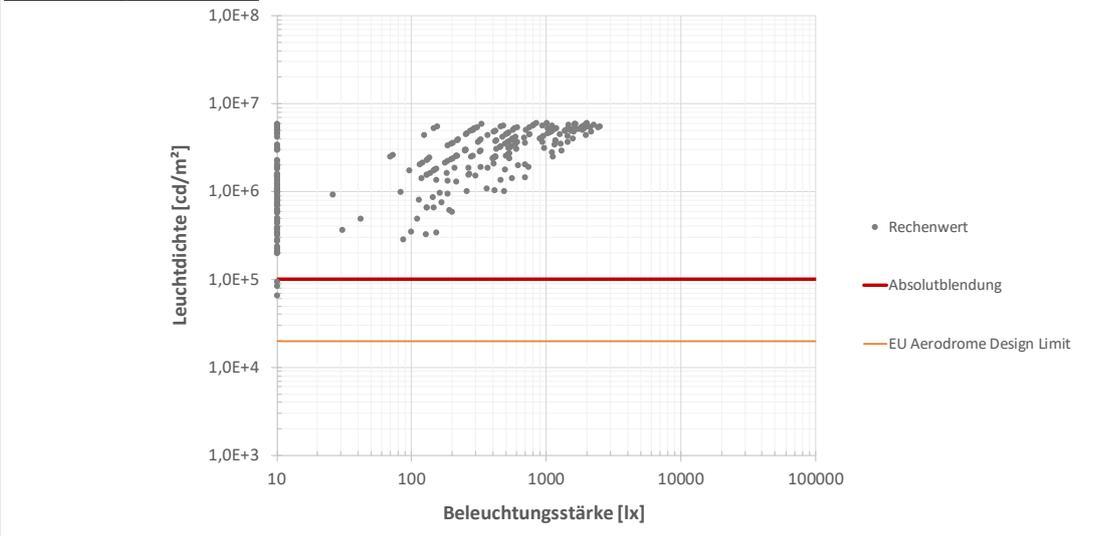
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	10
Reflektor	I

Reflexions-Photometrie

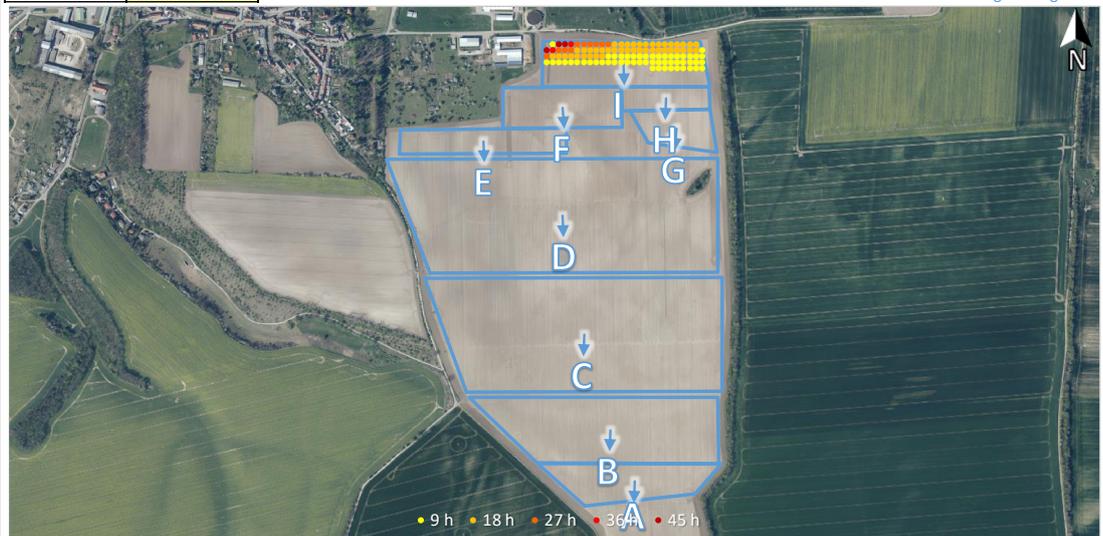
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

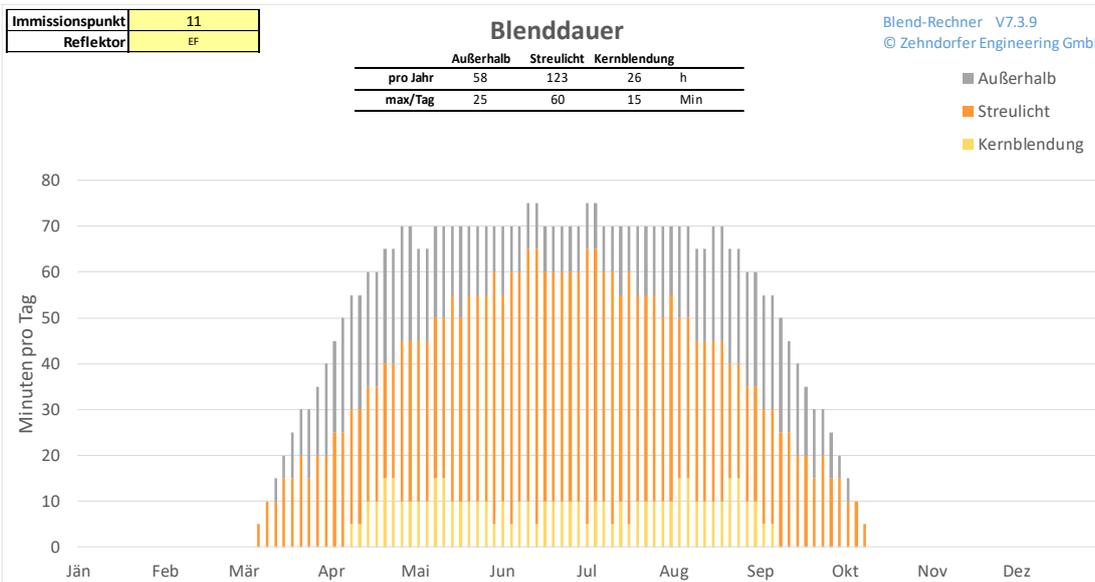
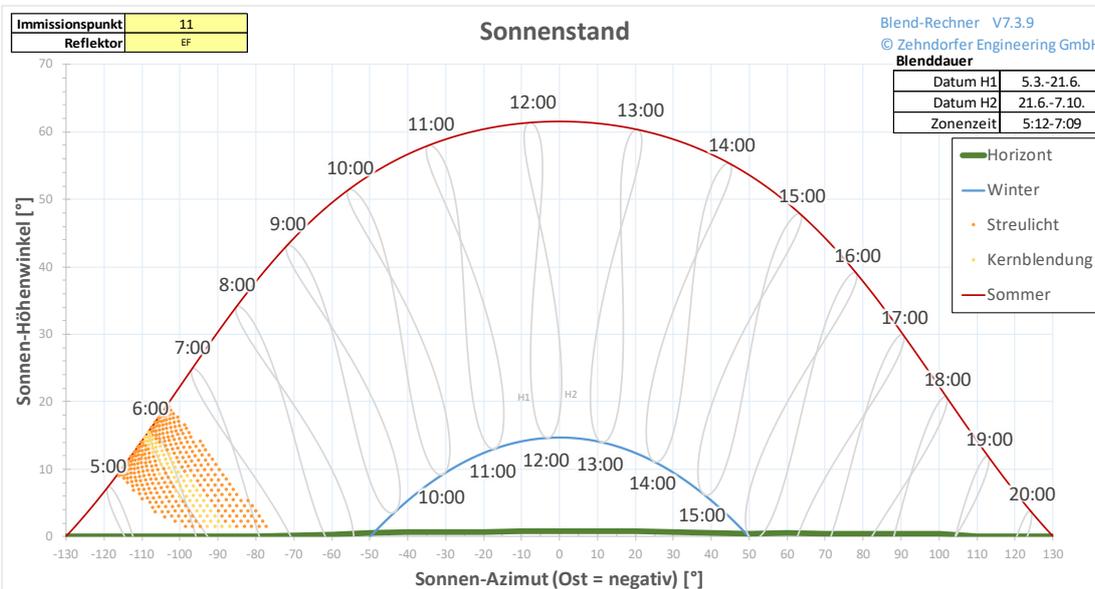


Immissionspunkt	10
Reflektor	I

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

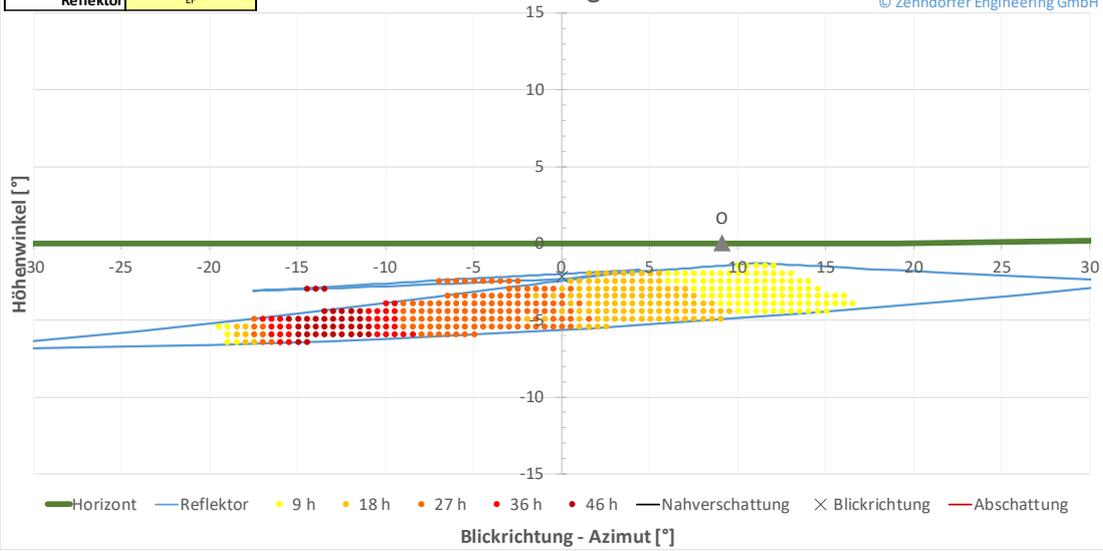




Immissionspunkt	11
Reflektor	EF

Blendhäufigkeit

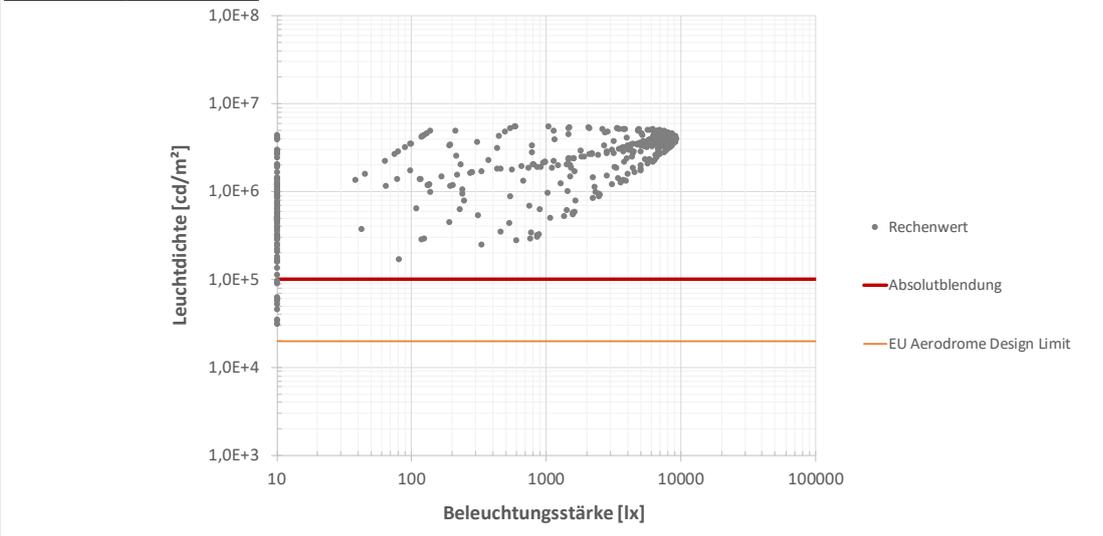
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	11
Reflektor	EF

Reflexions-Photometrie

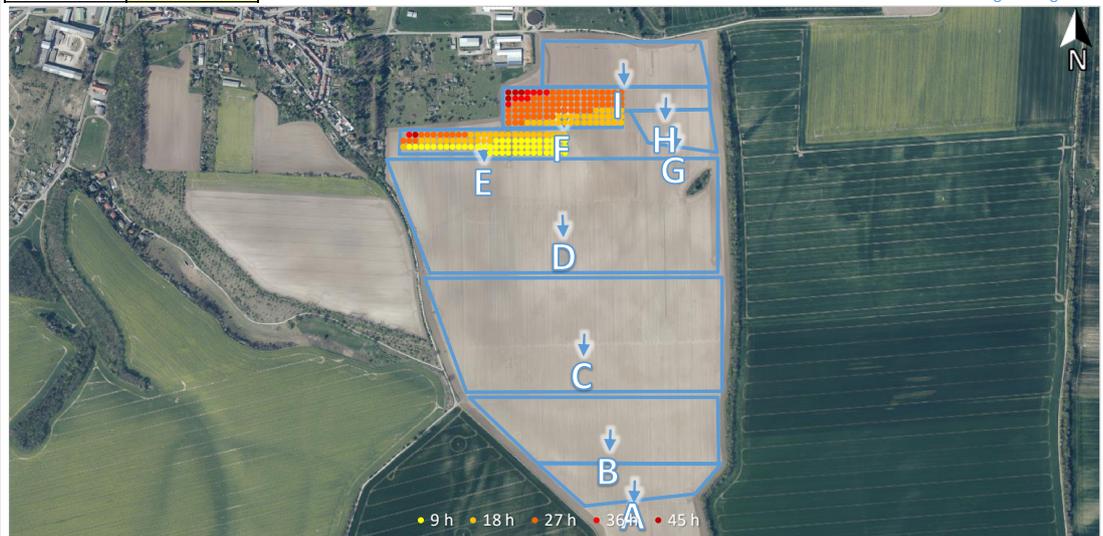
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

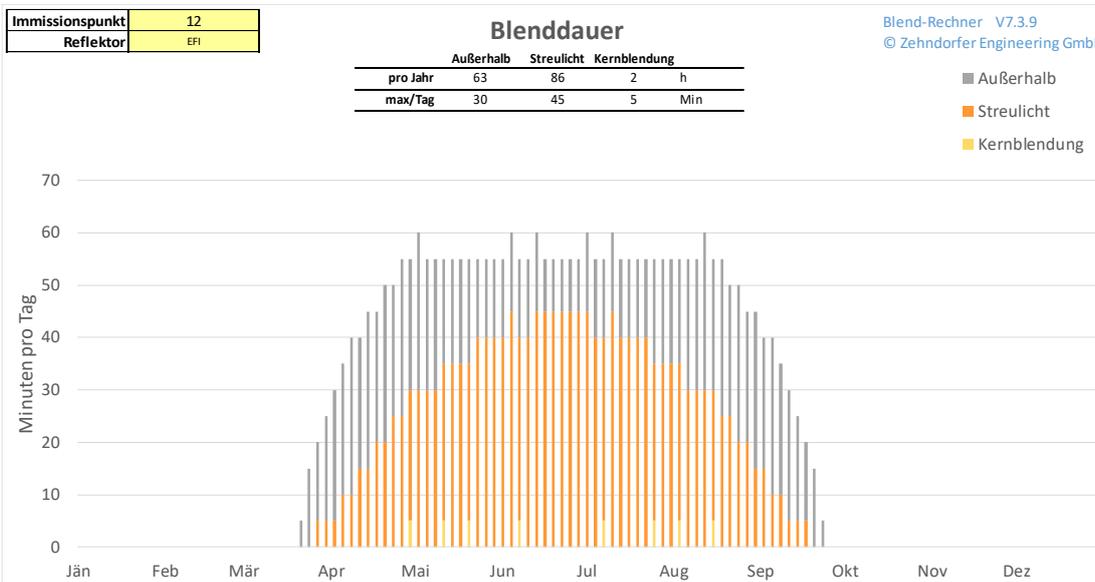
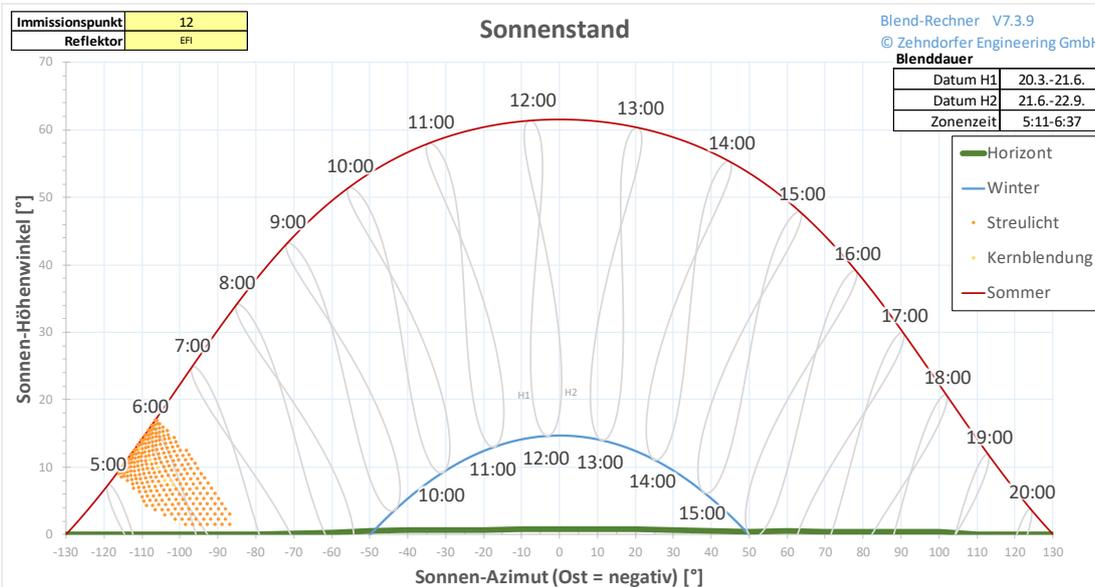


Immissionspunkt	11
Reflektor	EF

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

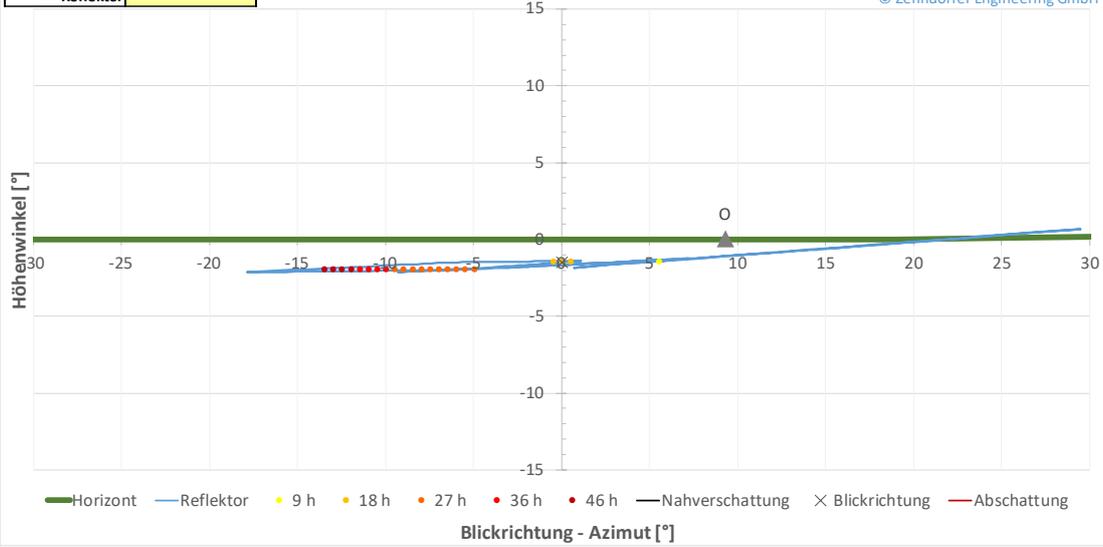




Immissionspunkt	12
Reflektor	EFI

Blendhäufigkeit

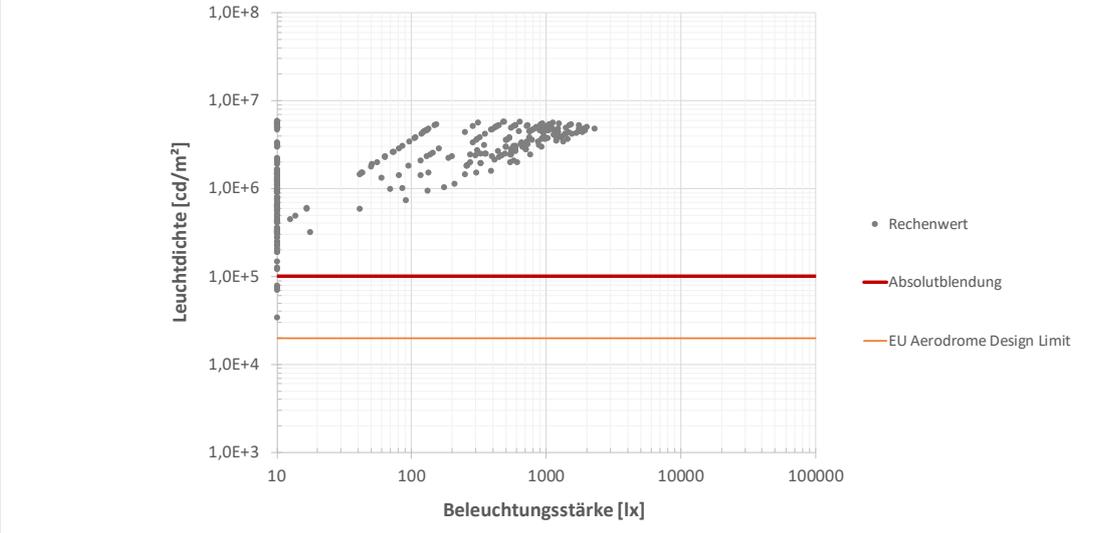
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	12
Reflektor	EFI

Reflexions-Photometrie

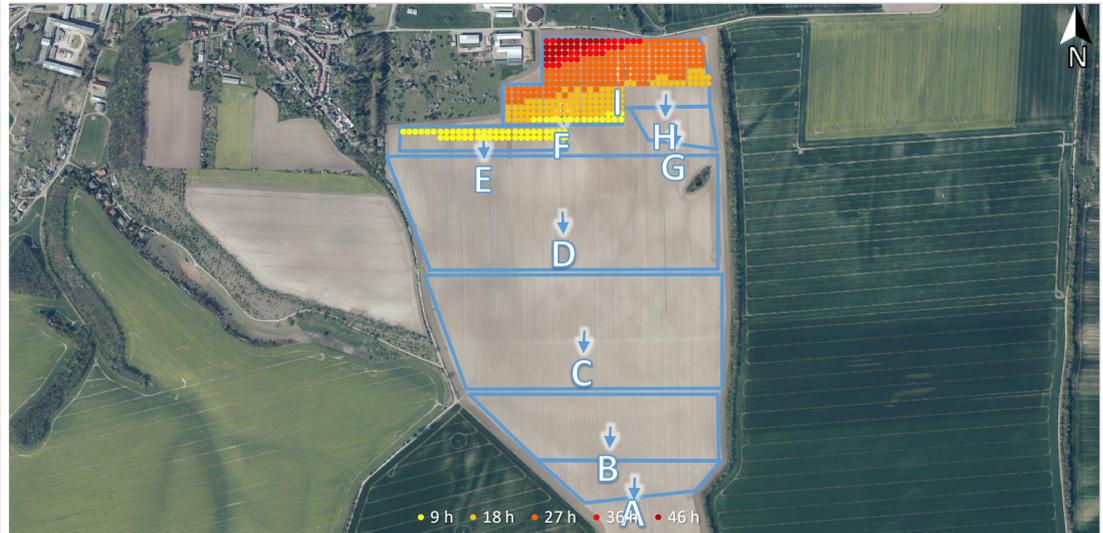
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

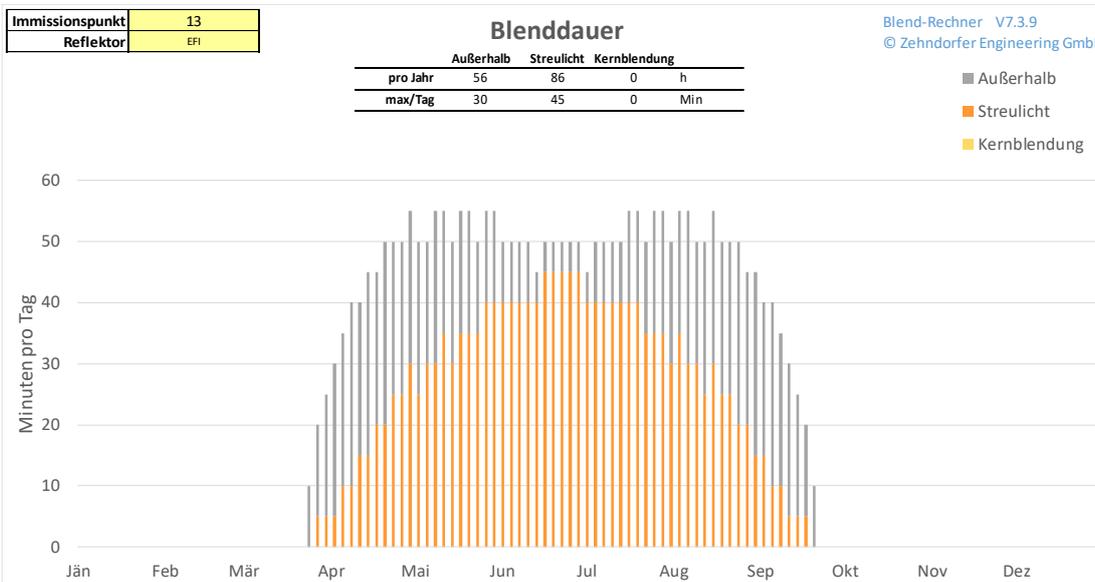
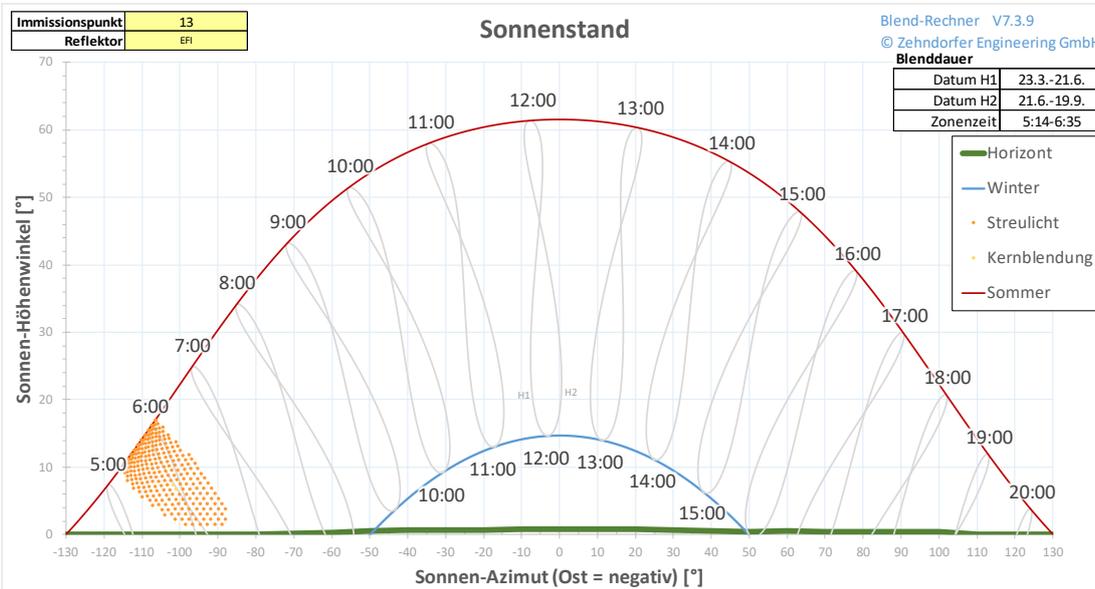


Immissionspunkt	12
Reflektor	EFI

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

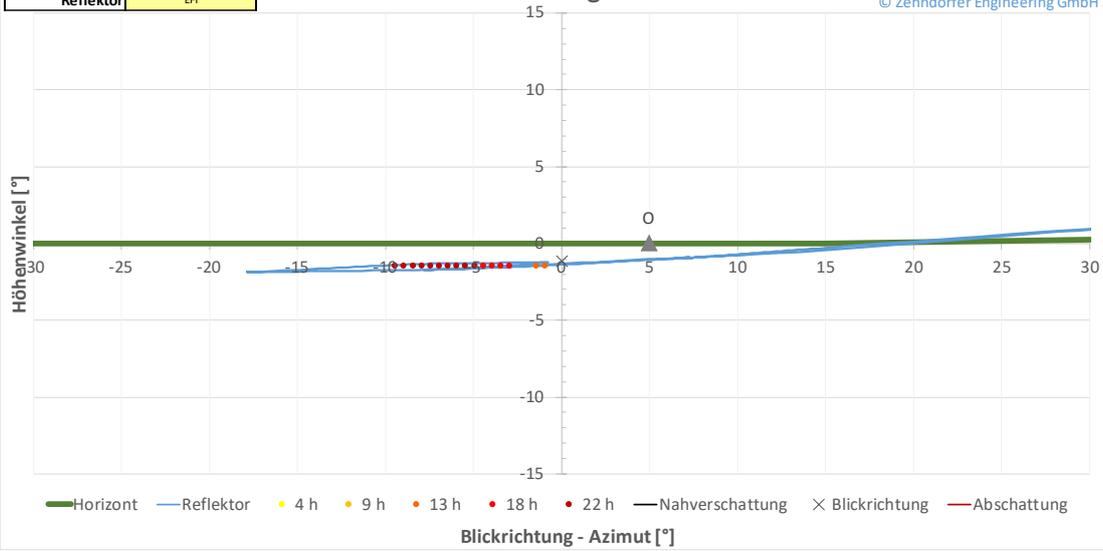




Immissionspunkt	13
Reflektor	EFI

Blendhäufigkeit

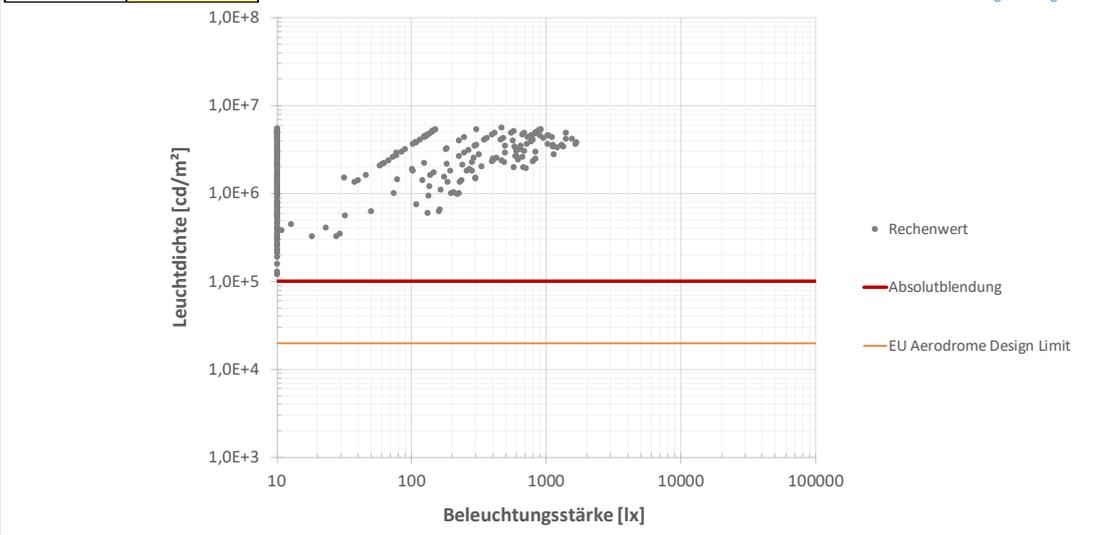
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	13
Reflektor	EFI

Reflexions-Photometrie

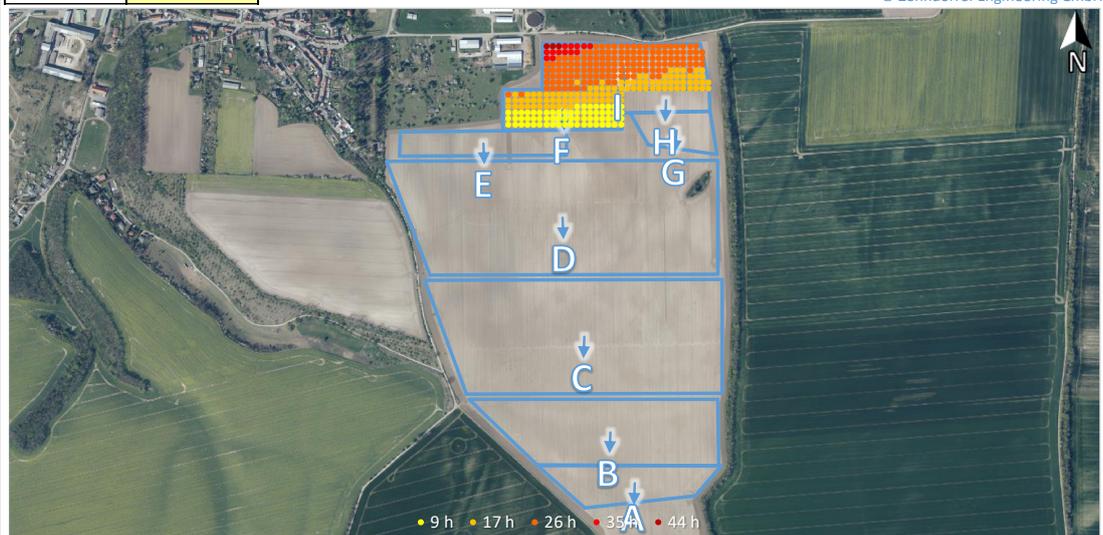
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

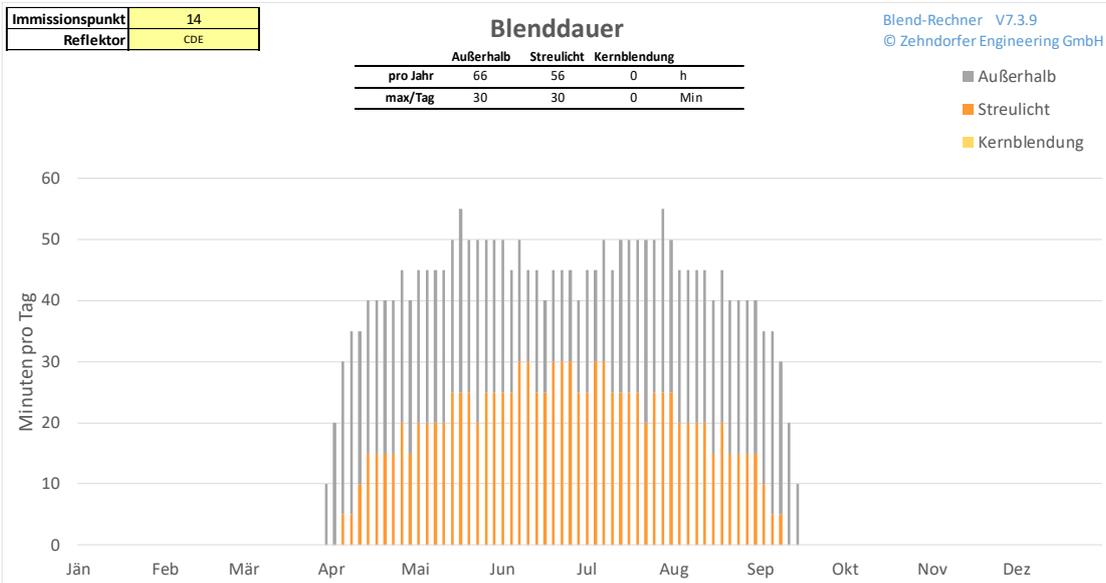
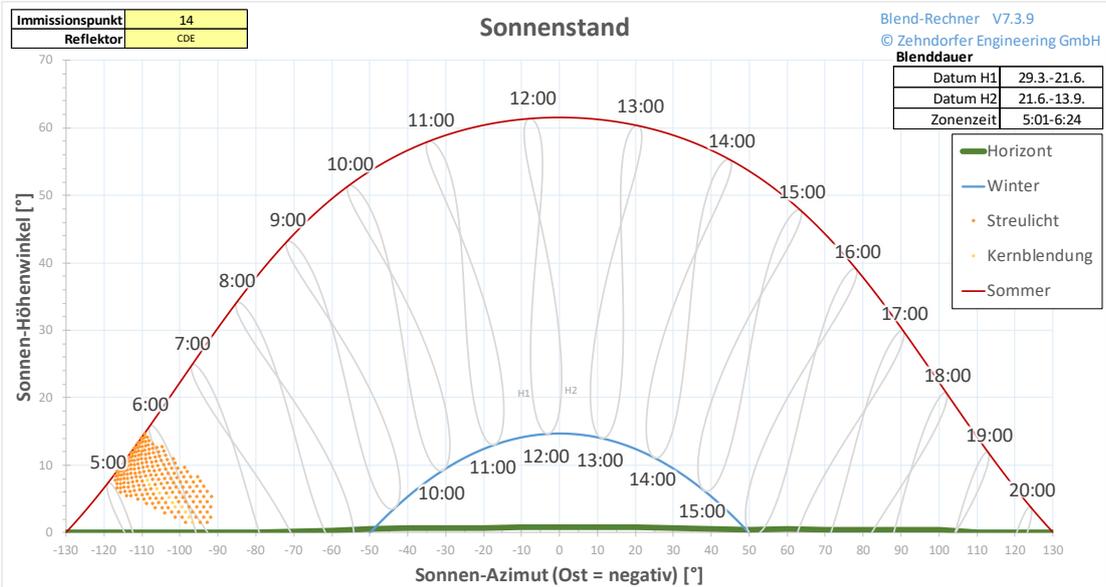


Immissionspunkt	13
Reflektor	EFI

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

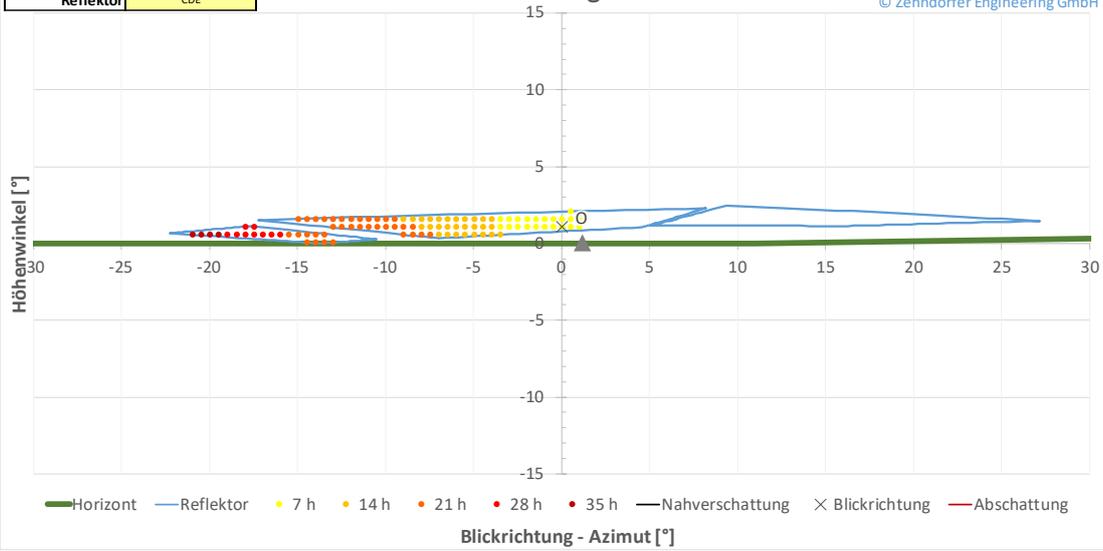




Immissionspunkt	14
Reflektor	CDE

Blendhäufigkeit

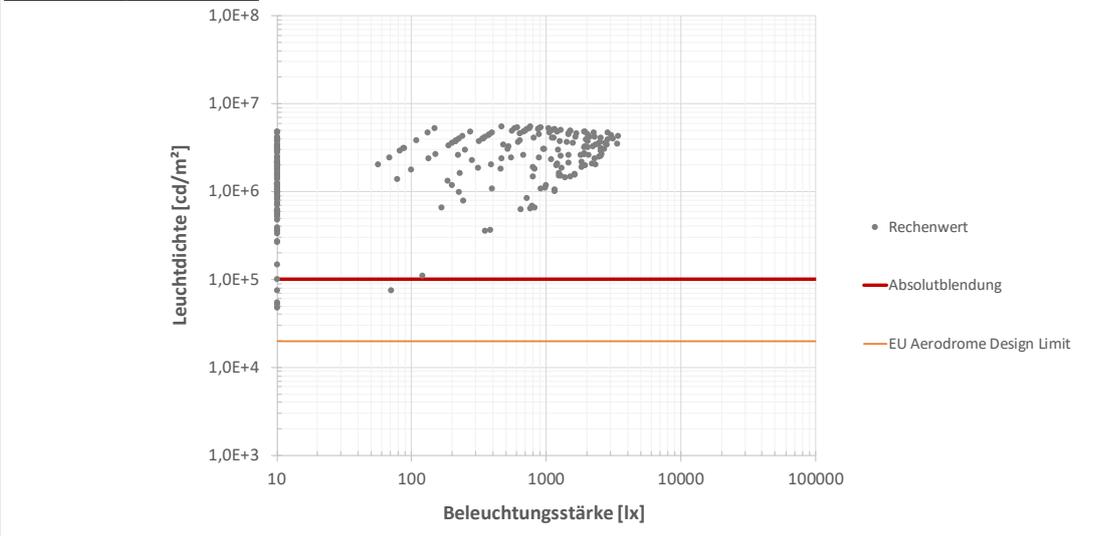
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	14
Reflektor	CDE

Reflexions-Photometrie

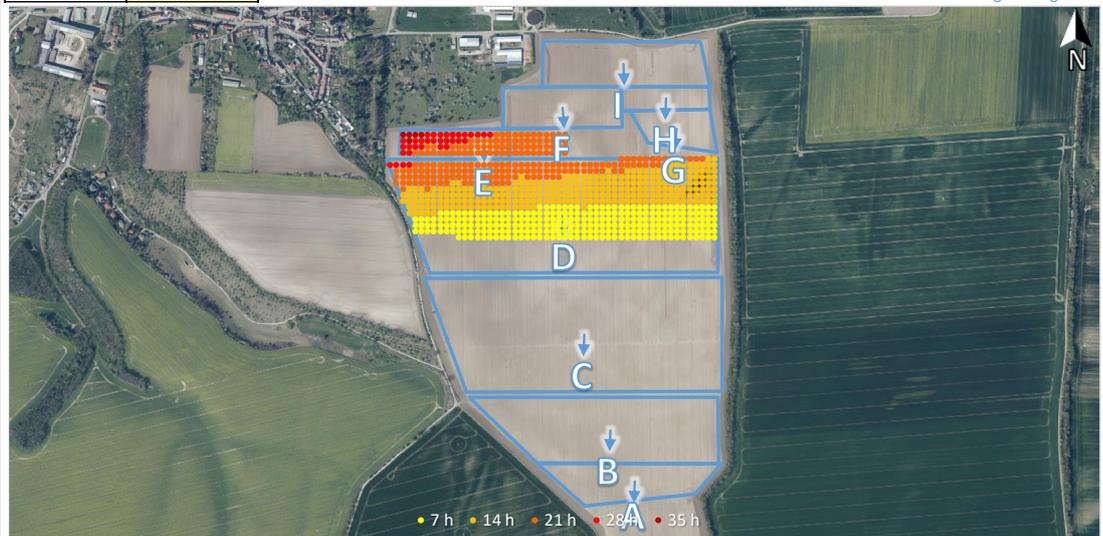
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

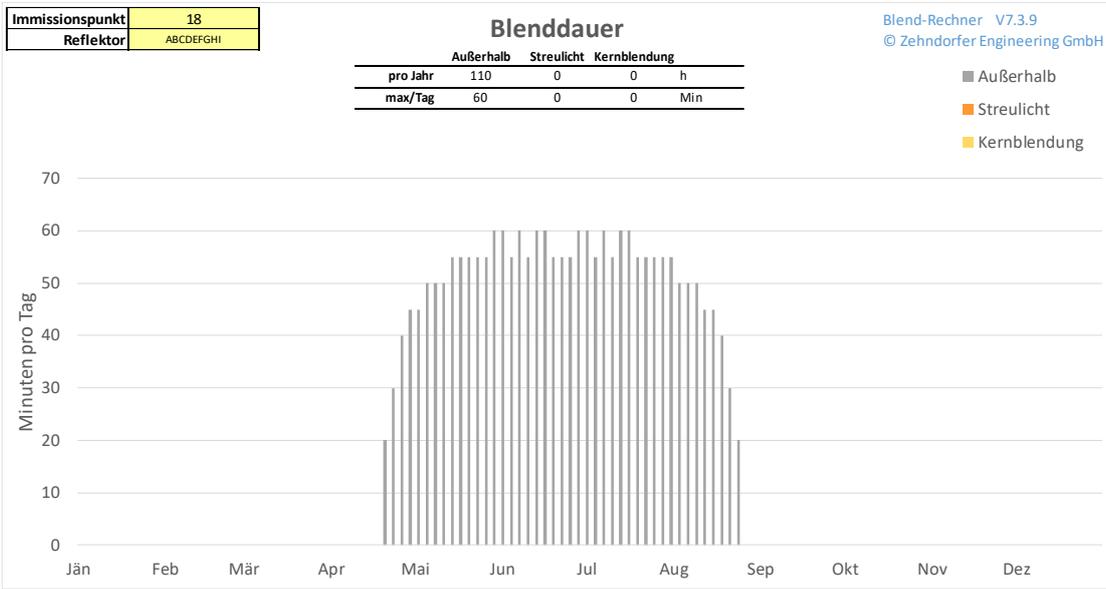
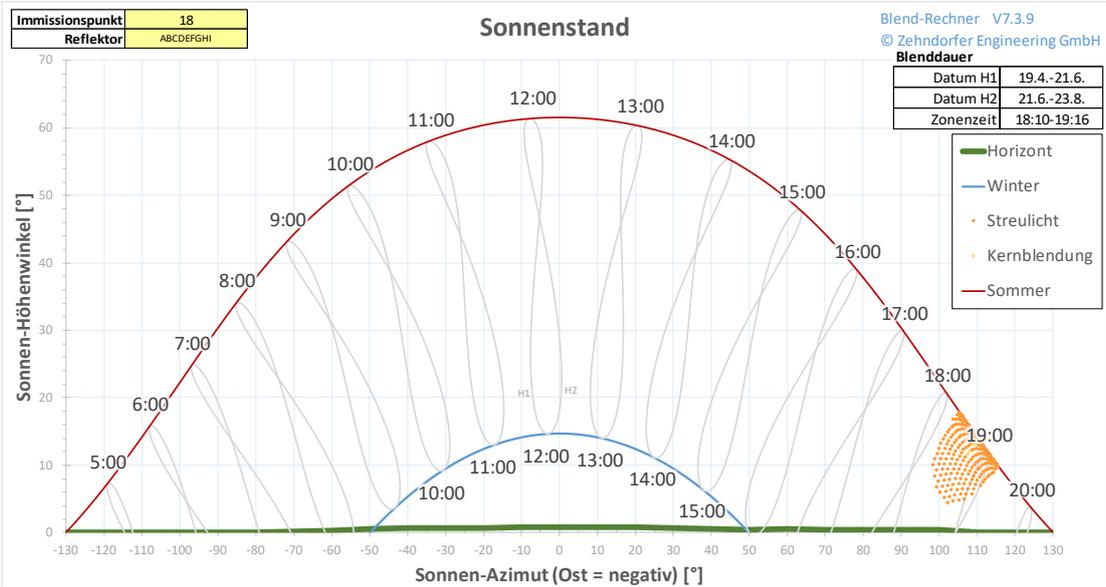
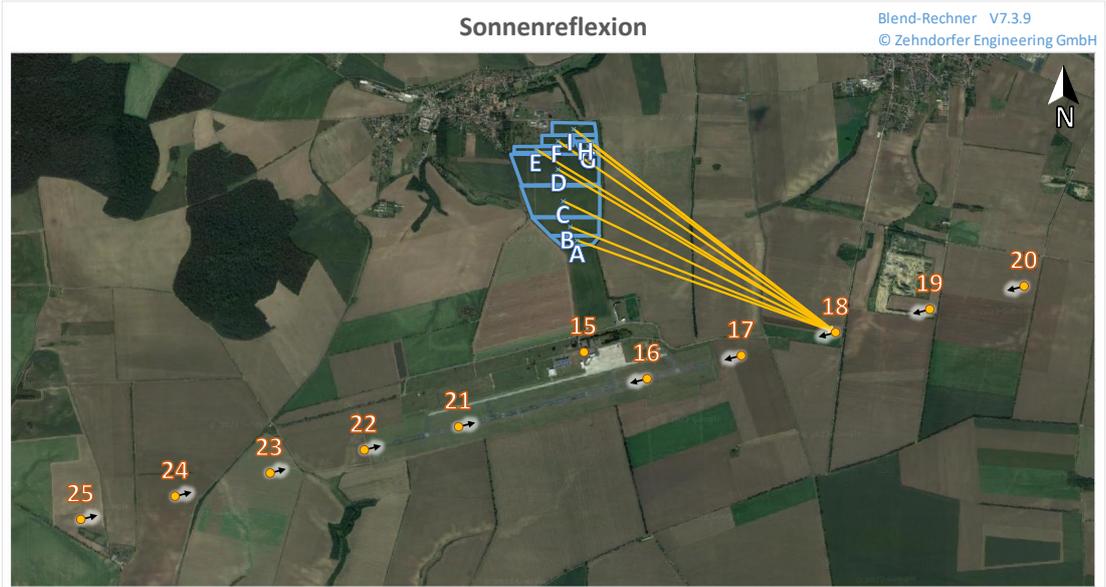


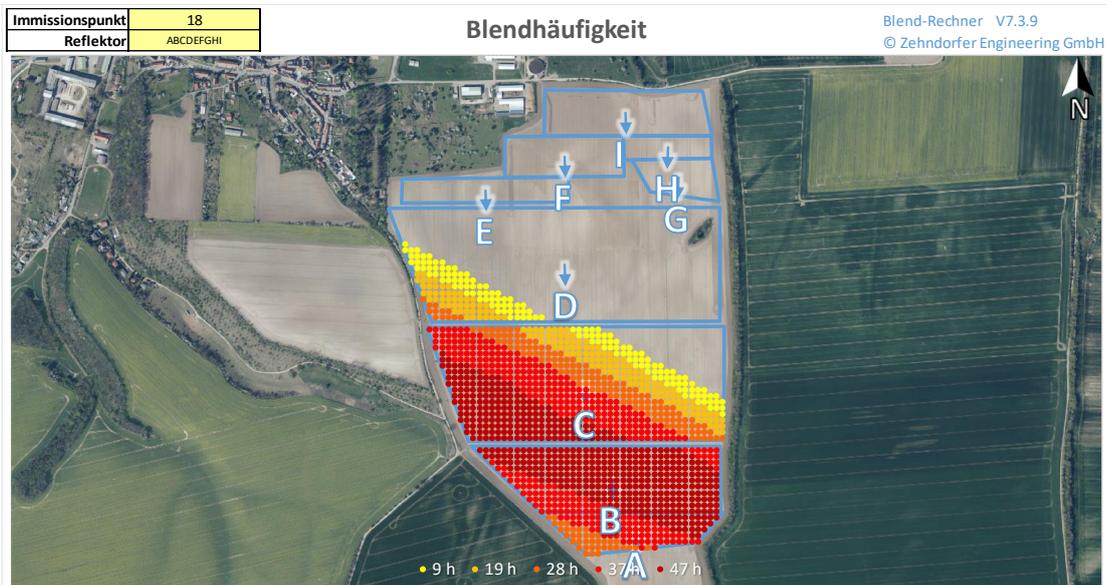
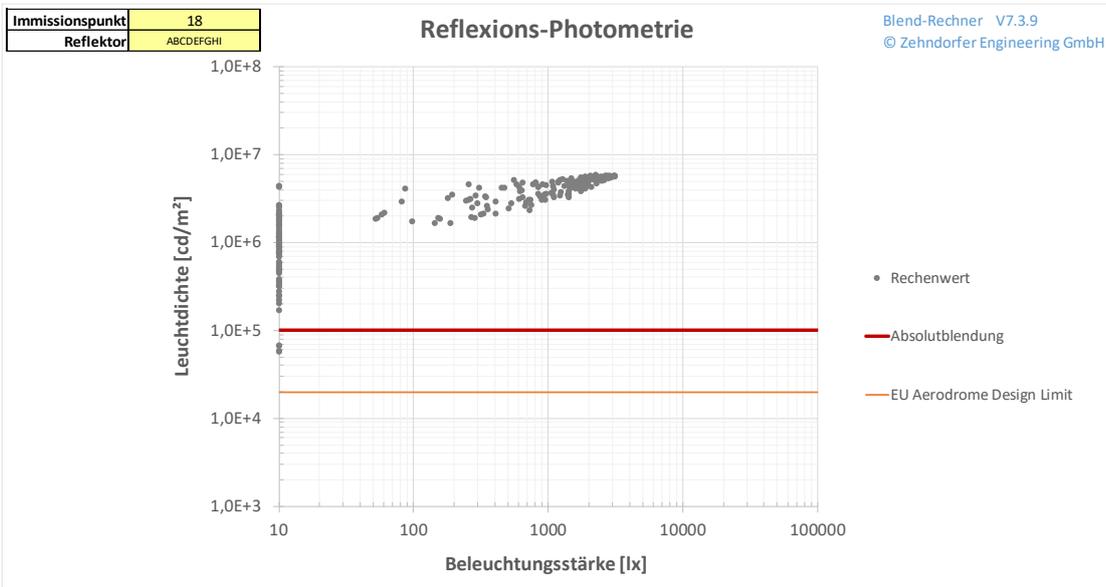
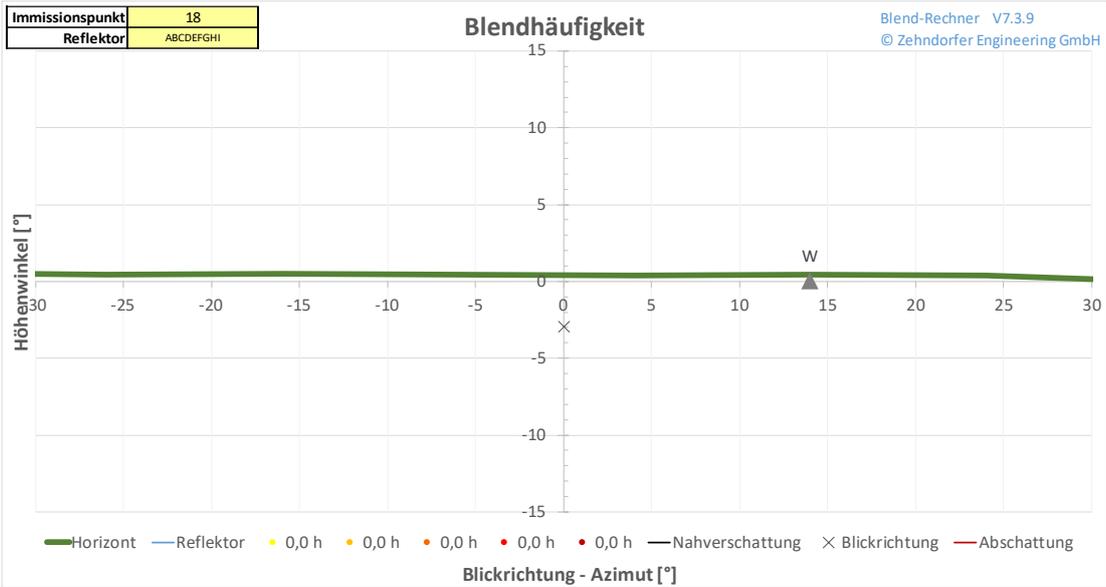
Immissionspunkt	14
Reflektor	CDE

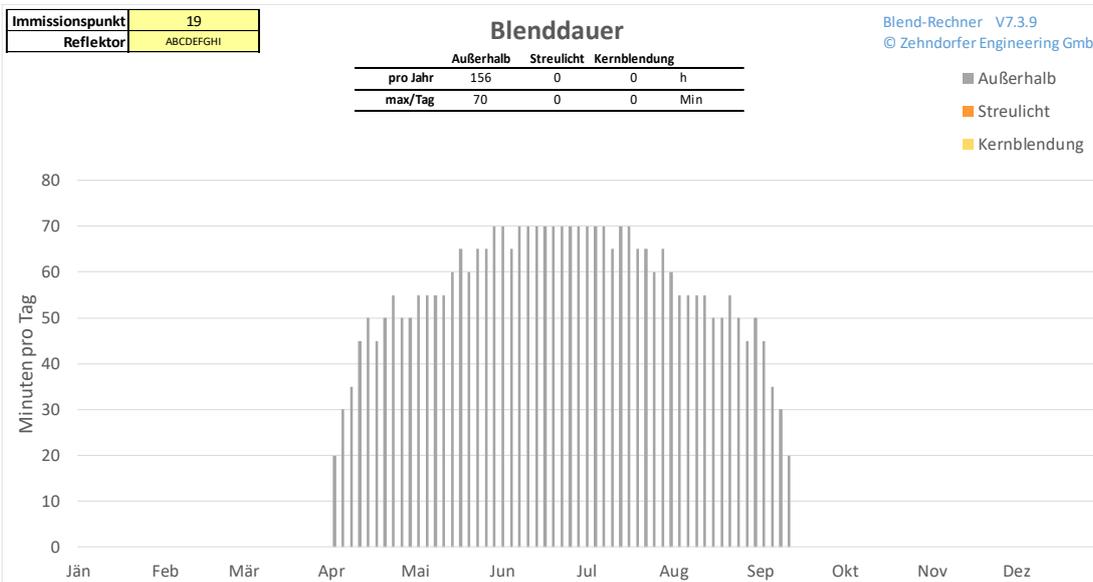
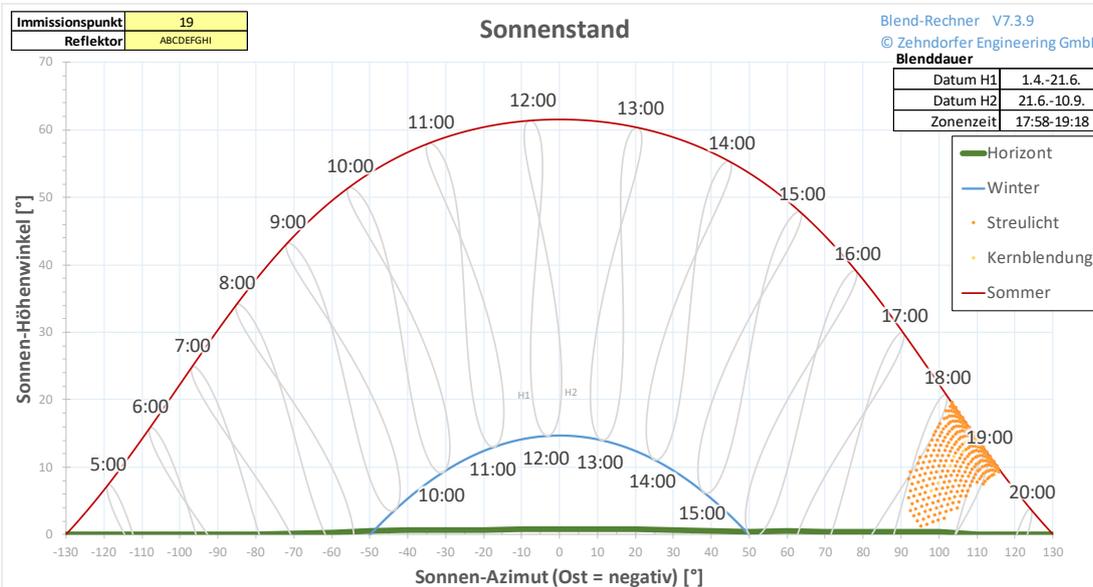
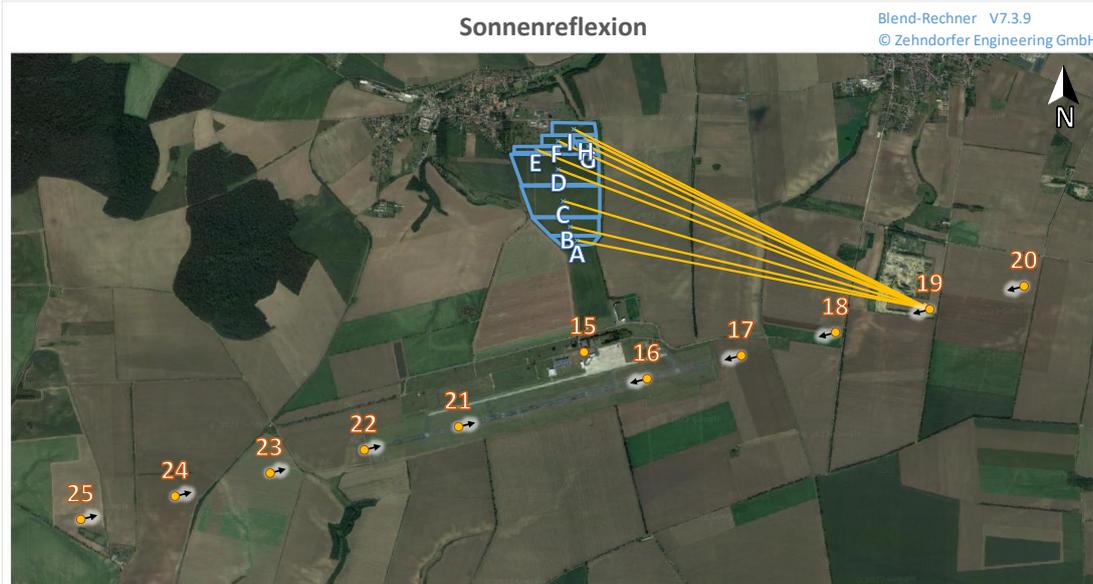
Blendhäufigkeit

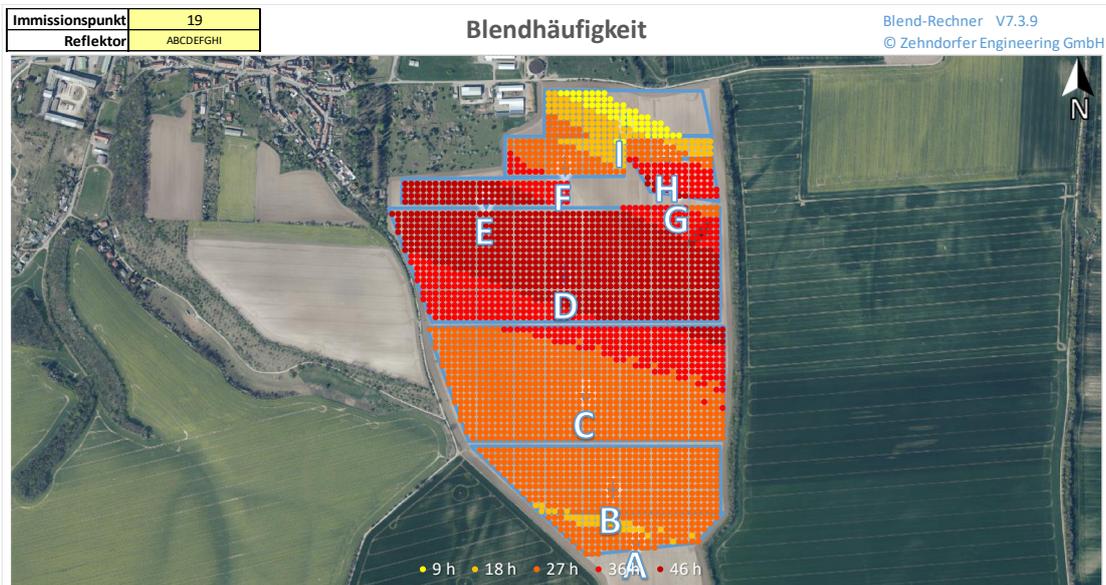
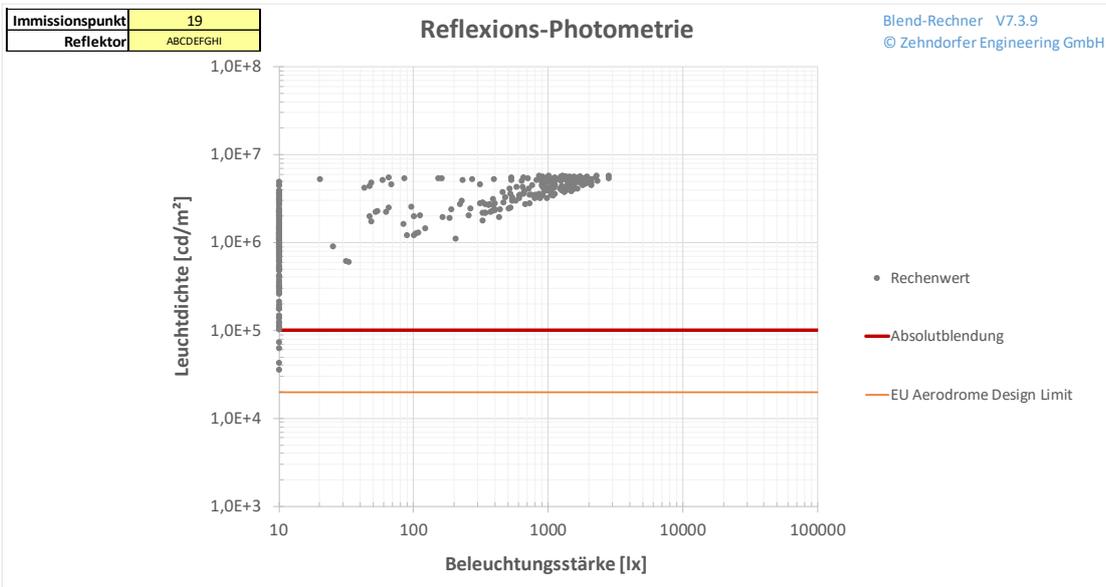
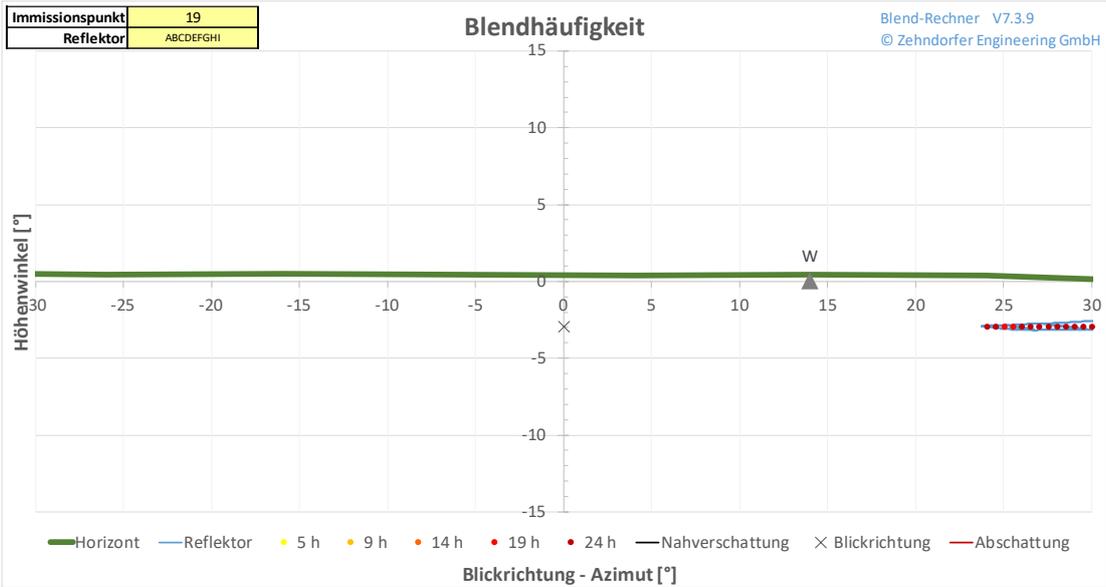
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

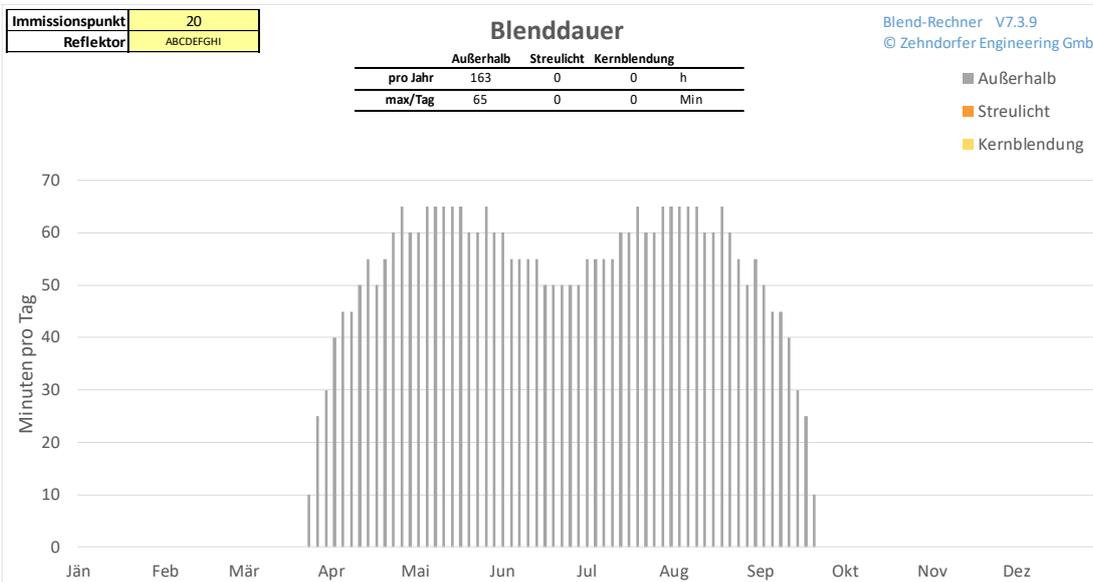
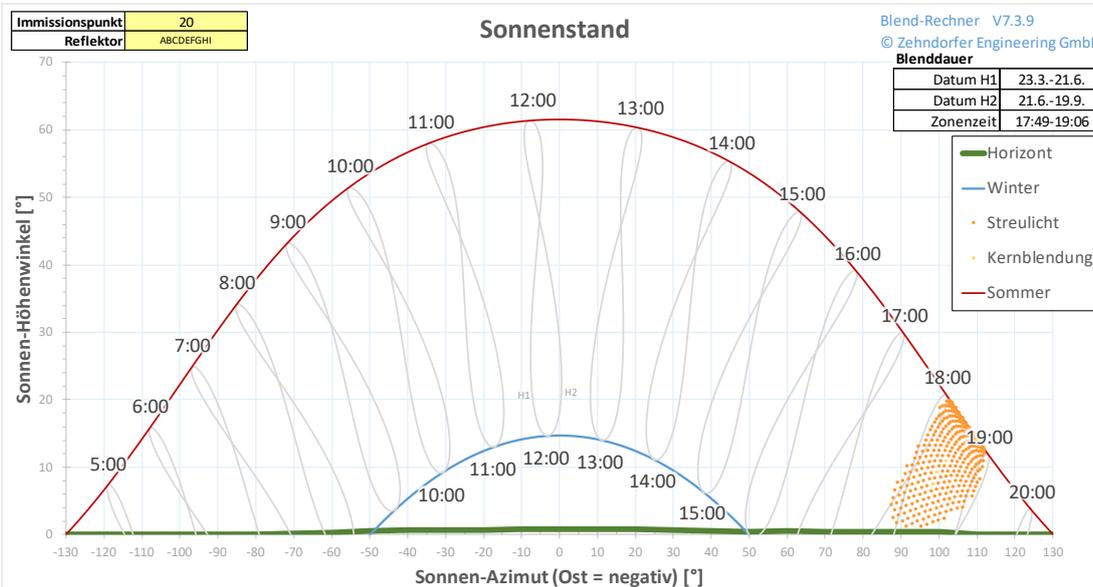
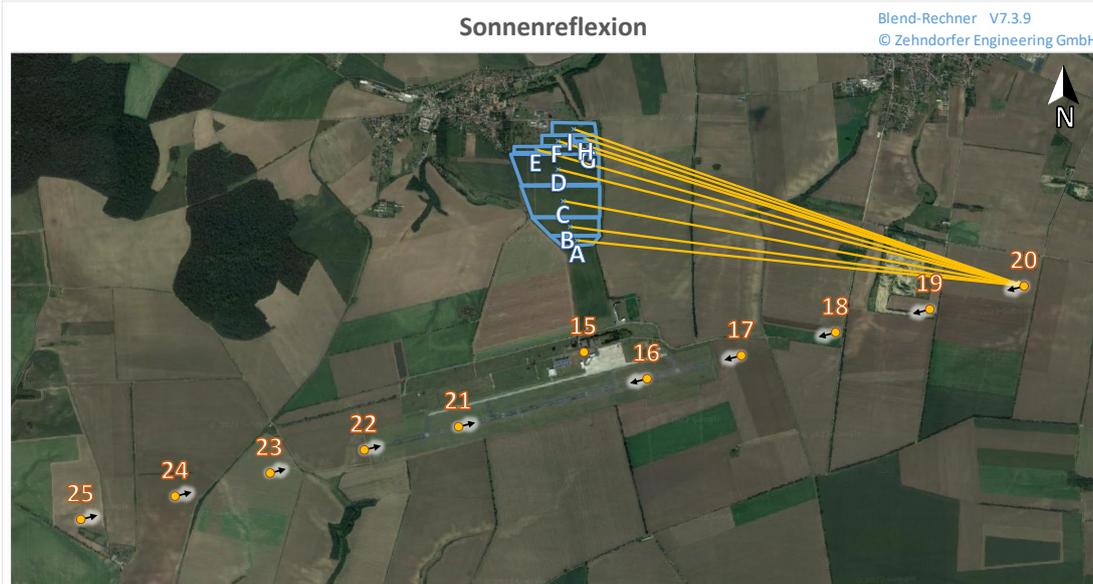


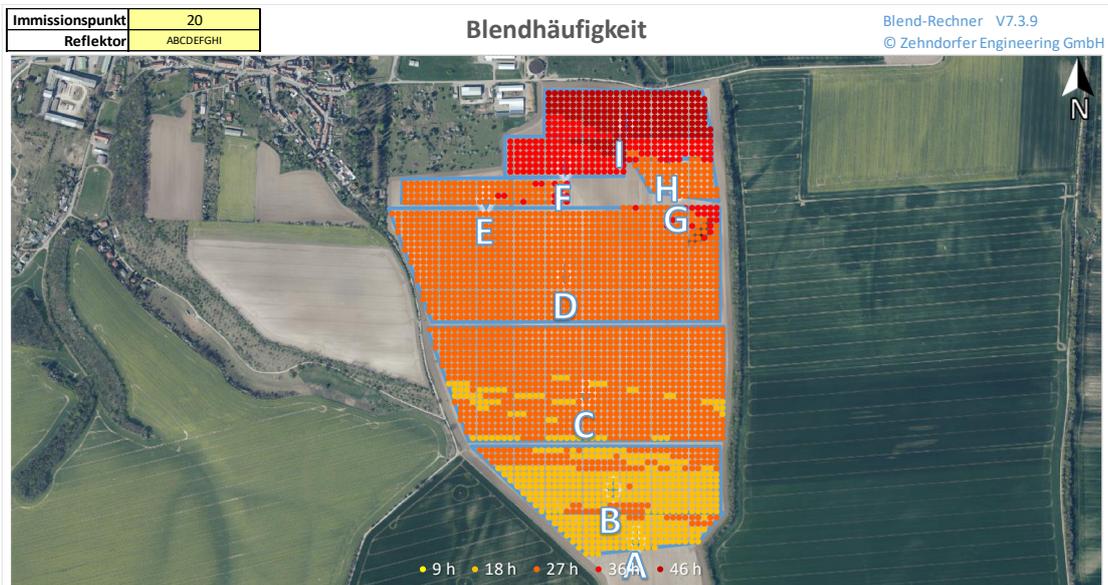
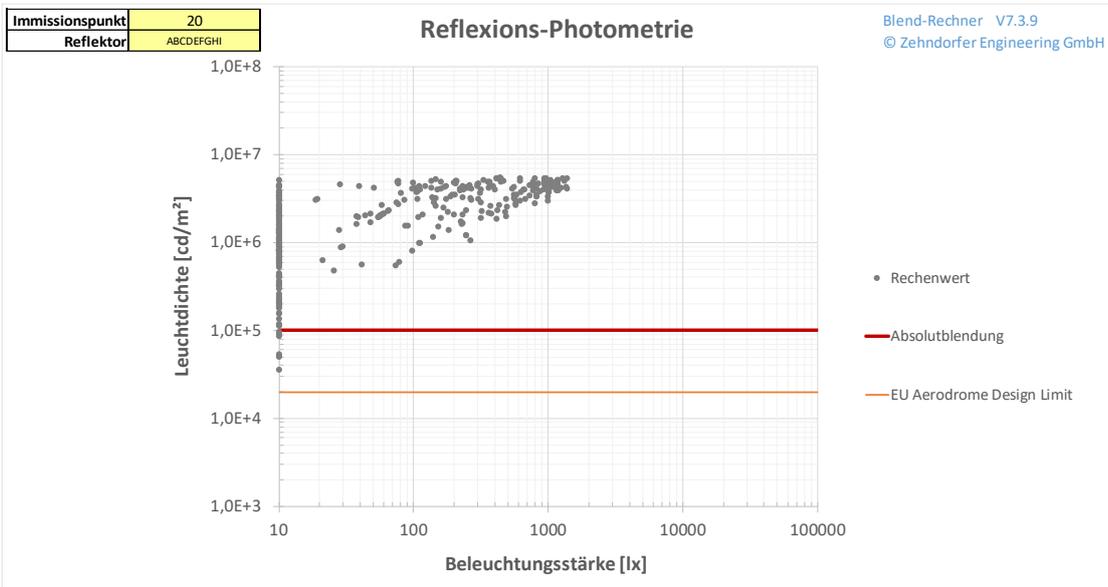
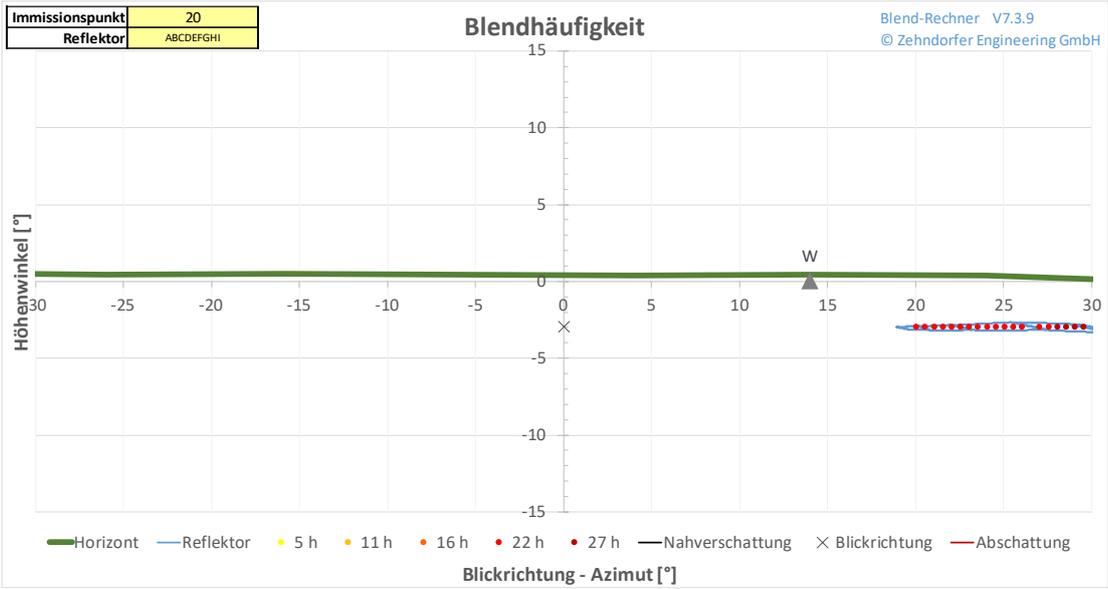


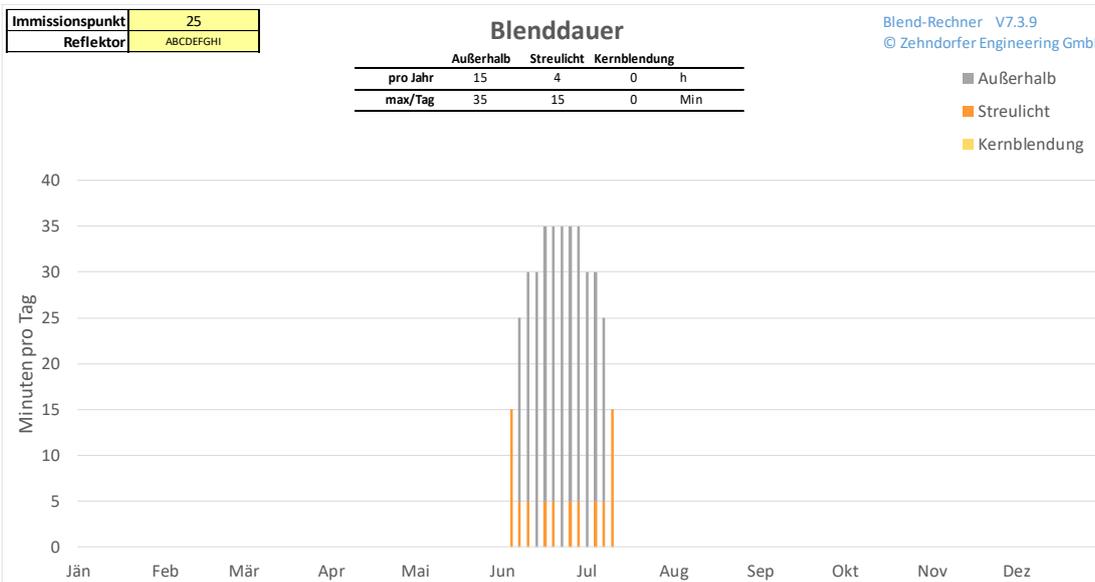
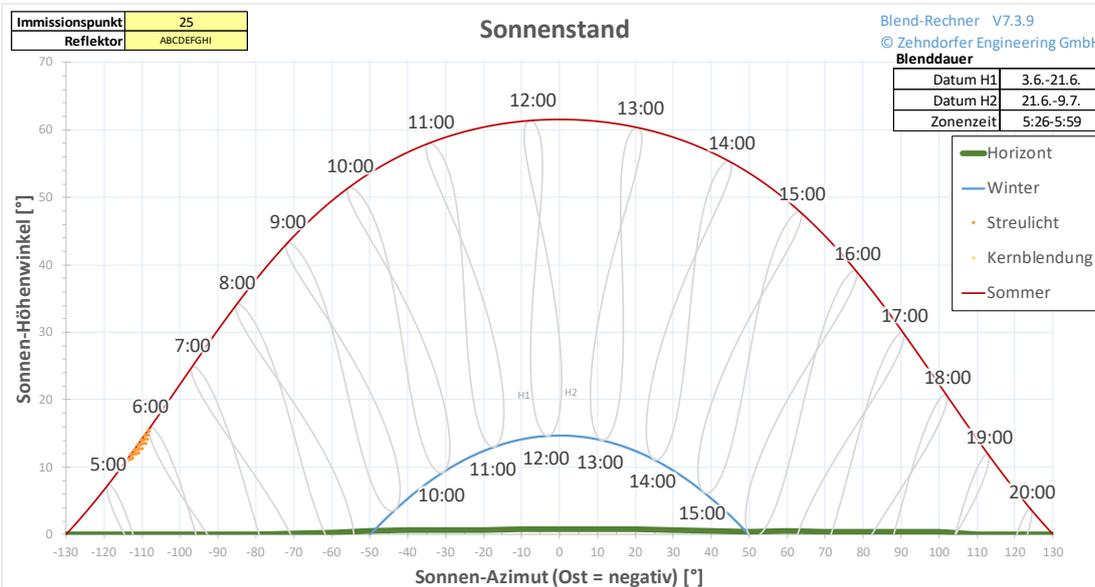
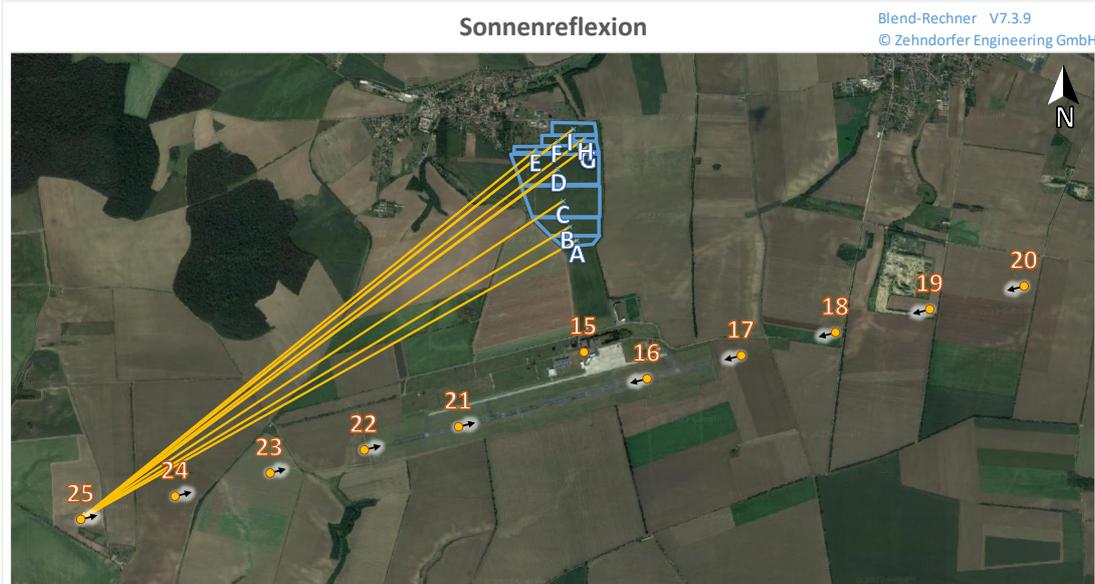


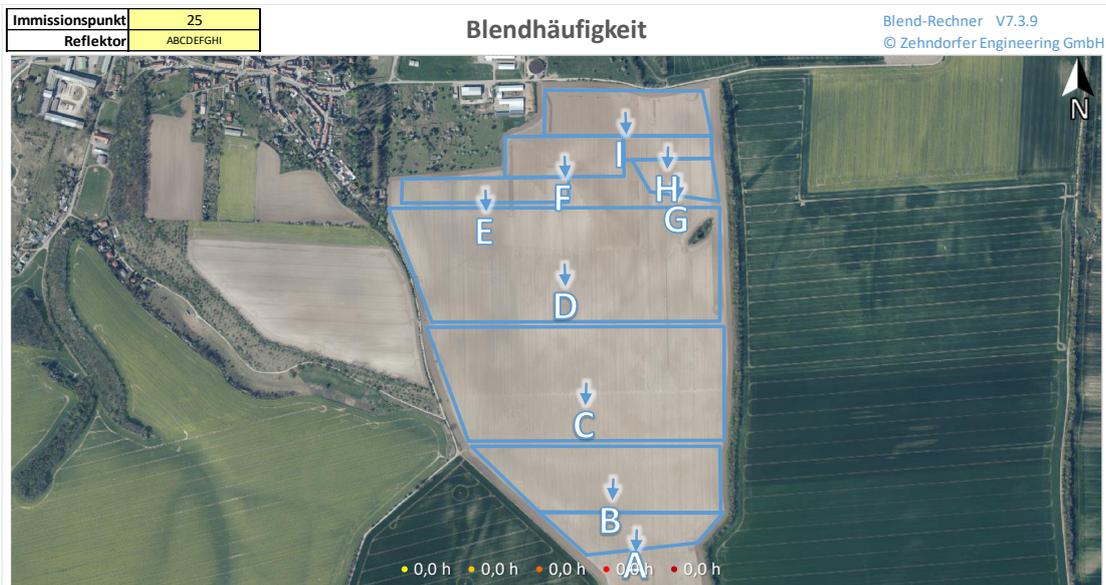
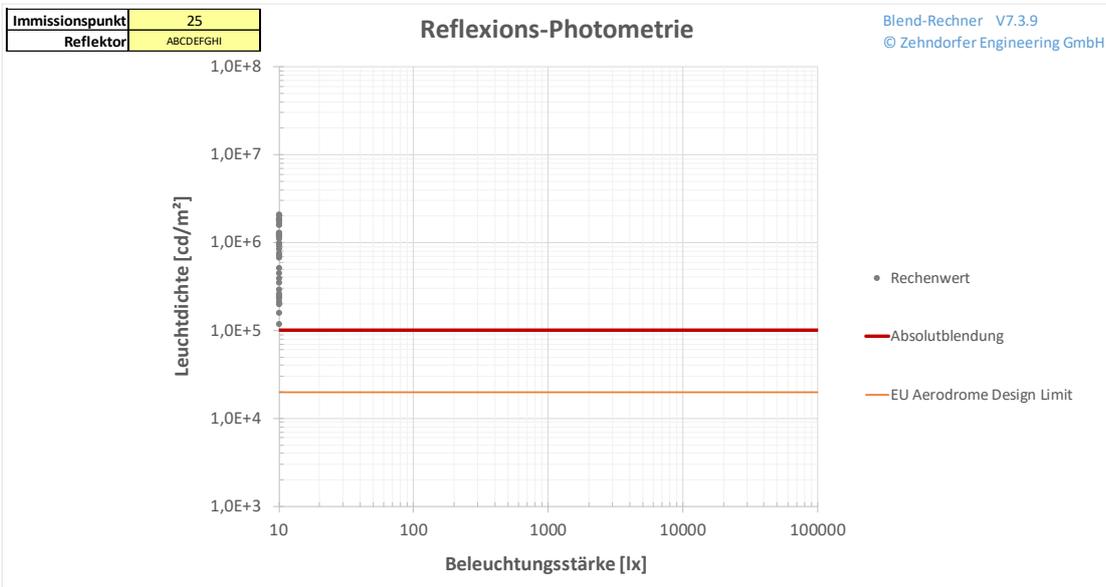
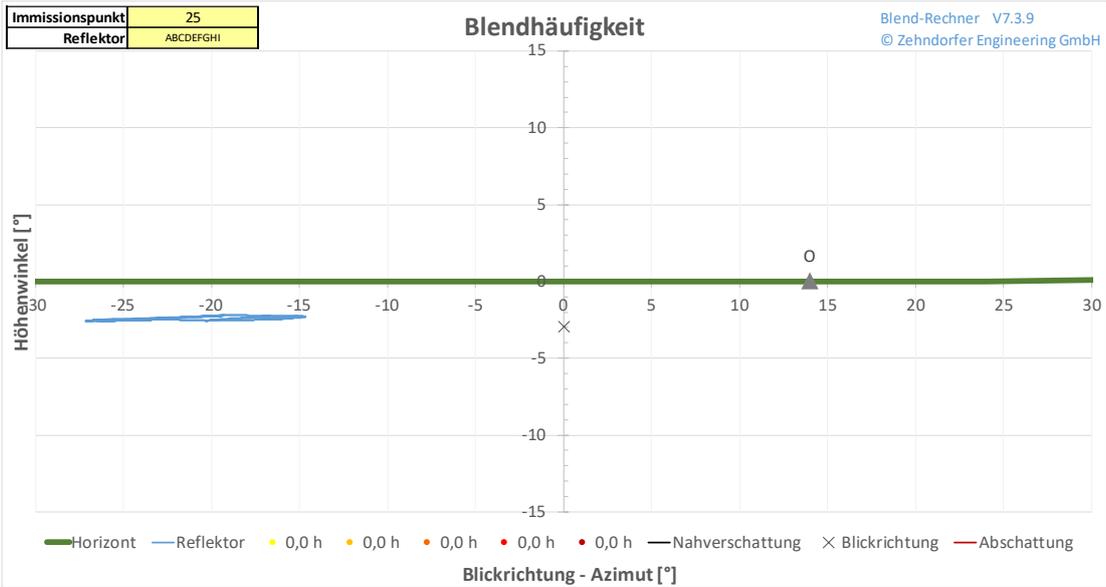












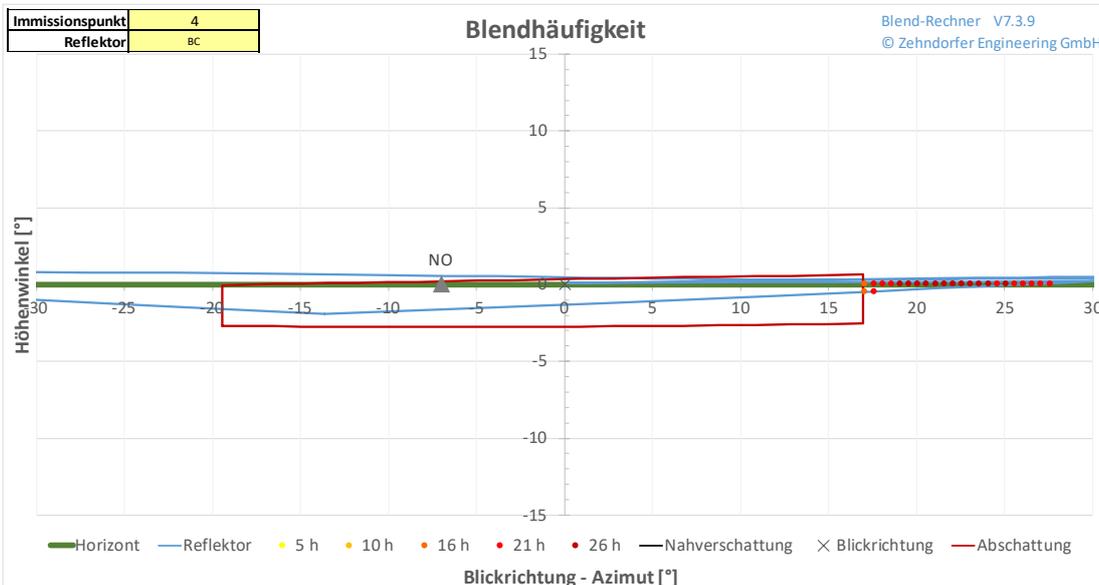
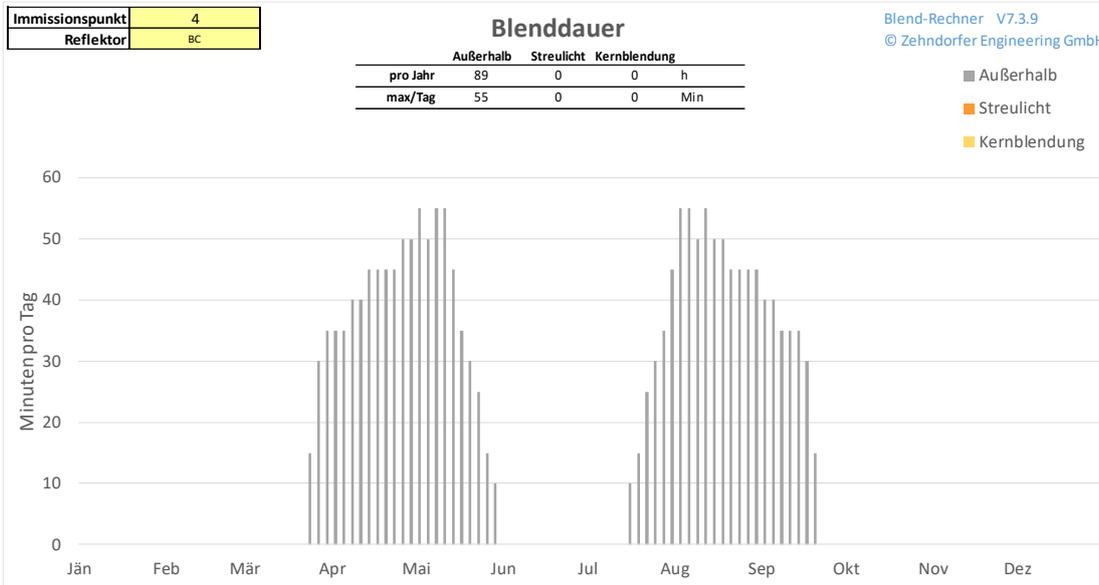
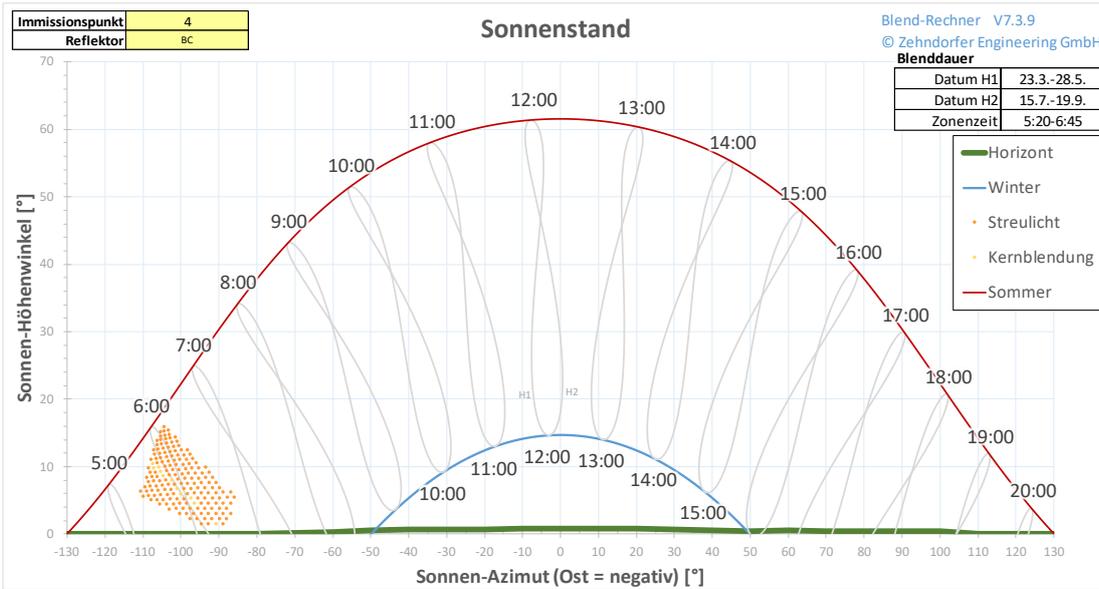
Anhang 5.1 Ergebnisse mit blendreduzierenden Maßnahmen

Reflektor	FI	FHI	I	BC	C	CD	D	AB	AB	I
Immissionspunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distanz m	108	390	68	60	32	18	10	32	110	55
Höhenwinkel °	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0
Raumwinkel msr	30	8	1	21	82	18	455	81	38	7
Datum H1	-	-	-	23.3.-28.5.	23.3.-21.6.	20.3.-21.6.	9.2.-21.6.	17.3.-21.6.	28.5.-21.6.	23.3.-21.6.
Datum H2	-	-	-	15.7.-19.9.	21.6.-19.9.	21.6.-22.9.	21.6.-31.10.	21.6.-25.9.	21.6.-15.7.	21.6.-19.9.
Zeit	-	-	-	5:20-6:45	5:06-6:49	5:06-6:47	5:13-7:58	5:11-6:54	5:16-5:56	5:06-6:35
Kernblendung min / Tag	-	-	-	0	0	0	0	0	0	5
Kernblendung h / Jahr	-	-	-	0	0	0	0	0	0	2
Streulicht min / Tag	-	-	-	0	0	0	0	0	0	40
Streulicht h / Jahr	-	-	-	0	0	0	0	0	0	71
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel) °	-	-	-	8	10	8	13	9	7	8
Sonnen-Azimuth (Mittel) °	-	-	-	-55	-59	-59	-58	-58	-58	-59
Sonne-Reflektor-Winkel (max) °	-	-	-	22	30	25	49	25	18	24
Blendung - Blickwinkel (min) °	-	-	-	17	76	62	85	106	63	2
Leuchtdichte (max) [k cd/m²]	-	-	-	5 891	6 597	6 597	5 998	6 722	3 251	6 131
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²]	-	-	-	46	51	51	47	52	25	48
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	-	-	-	4 264	17 880	2 554	23 507	13 081	0	2 469

Reflektor	EF	EFI	EFI	CDE
Immissionspunkt	11	12	13	14
Distanz m	35	104	136	647
Höhenwinkel °	-2	-1	0	0
Raumwinkel msr	10	2	2	14
Datum H1	20.3.-21.6.	29.3.-21.6.	23.3.-21.6.	29.3.-31.5.
Datum H2	21.6.-22.9.	21.6.-13.9.	21.6.-19.9.	12.7.-13.9.
Zeit	5:12-6:42	5:11-6:27	5:14-6:35	5:10-6:24
Kernblendung min / Tag	5	5	0	0
Kernblendung h / Jahr	7	2	0	0
Streulicht min / Tag	55	45	45	25
Streulicht h / Jahr	97	84	86	35
Sonnen-Höhenwinkel (Mittel) °	9	8	8	7
Sonnen-Azimuth (Mittel) °	-58	-58	-57	-57
Sonne-Reflektor-Winkel (max) °	29	26	25	18
Blendung - Blickwinkel (min) °	0	0	0	3
Leuchtdichte (max) [k cd/m²]	5 612	5 949	5 684	5 246
Retinale Einstrahlung (max) [mW/cm²]	40	8	6	38
Beleuchtungsstärke (max) [lx]	3 555	2 259	1 664	3 382

Im Folgenden werden auszugswise jene Ergebnisse grafisch dargestellt, für welche Reflexionen auftreten können.

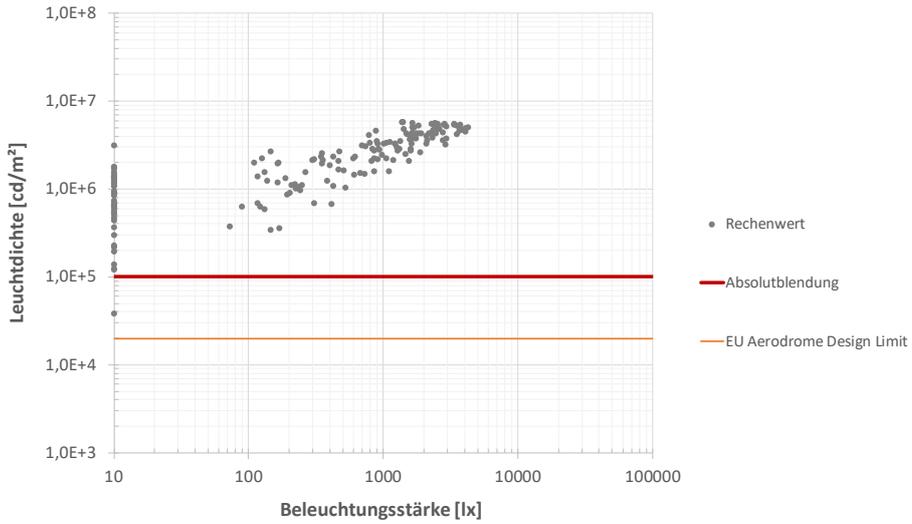




Immissionspunkt	4
Reflektor	BC

Reflexions-Photometrie

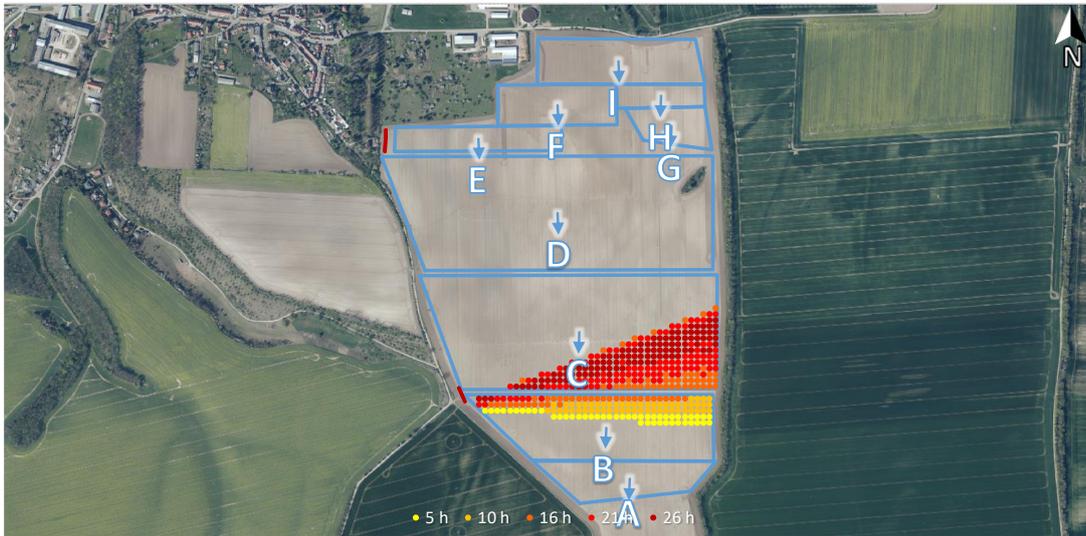
Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH



Immissionspunkt	4
Reflektor	BC

Blendhäufigkeit

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH

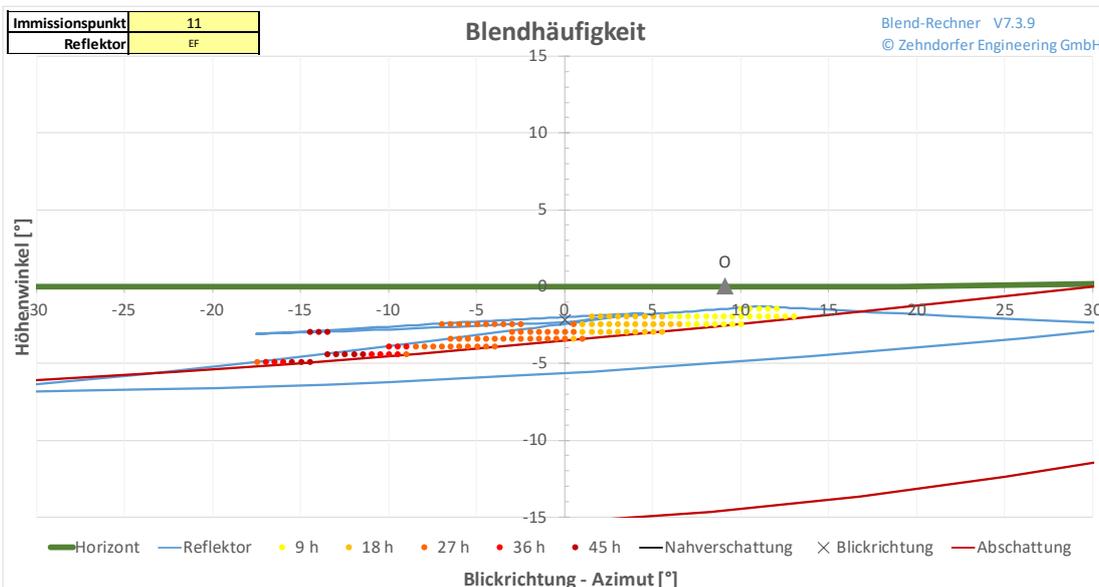
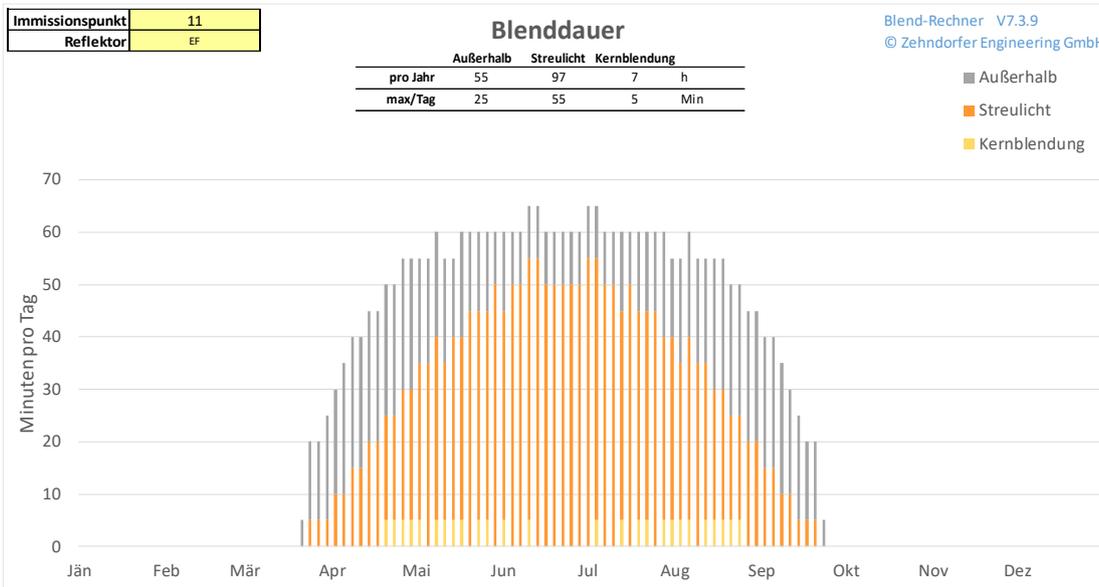
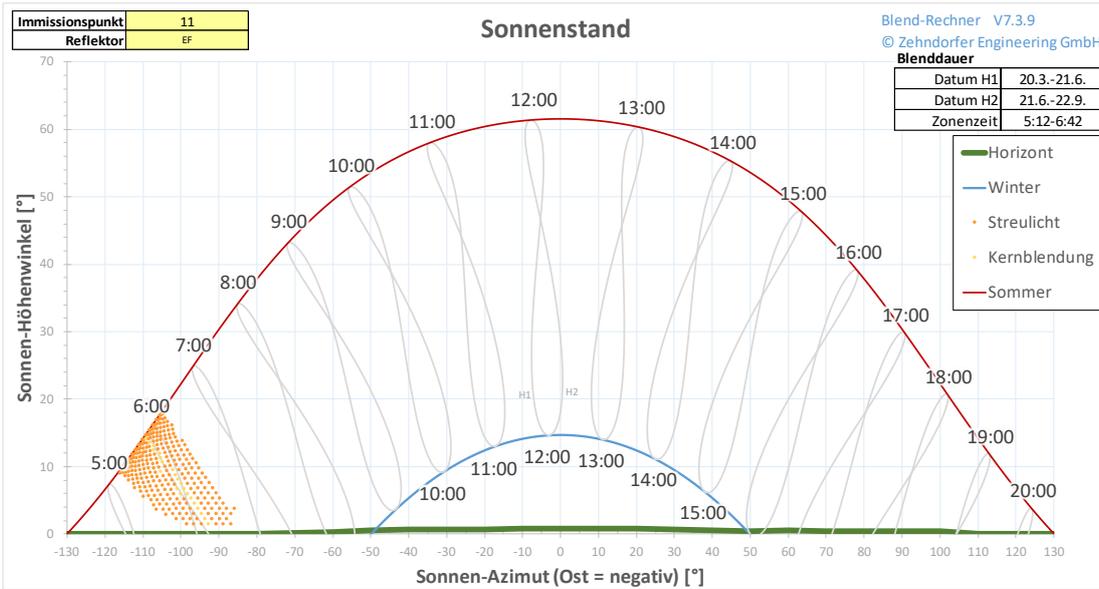


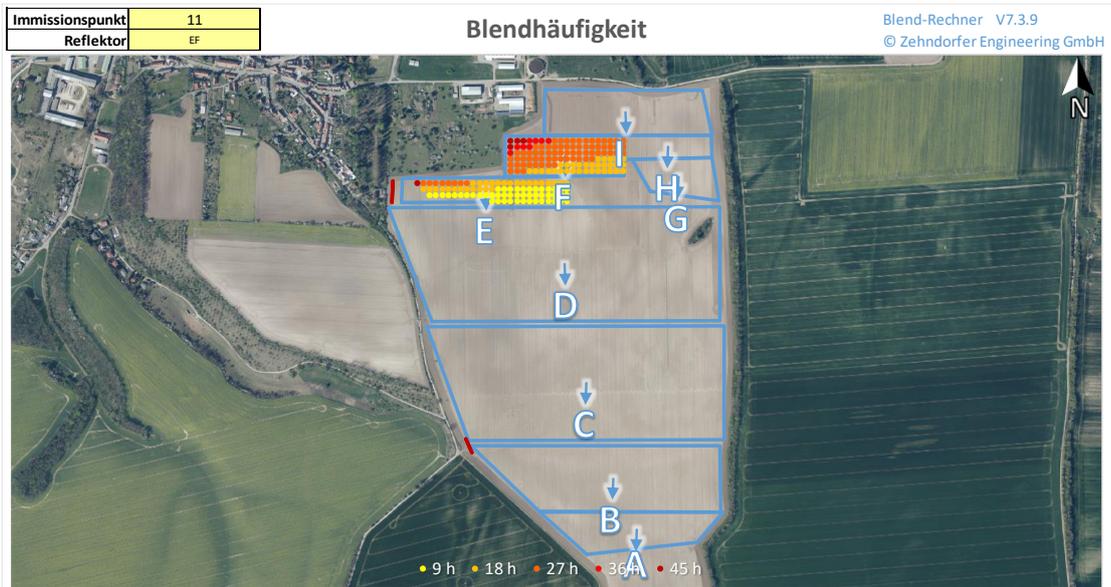
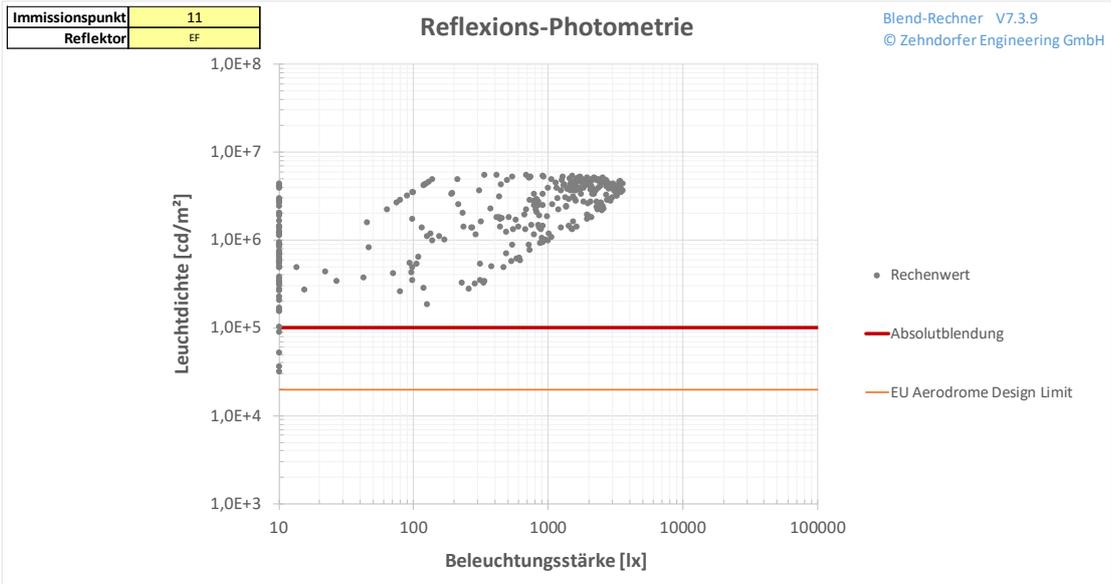
Immissionspunkt	4
Reflektor	BC

Sonnenreflexion

Blend-Rechner V7.3.9
© Zehndorfer Engineering GmbH







Allgemeine Hintergründe, gesetzliche Regelungen und Fallbeispiele zum Thema Blendung finden Sie auf www.zehndorfer.at

